

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2000-513499

(P2000-513499A)

(43) 公表日 平成12年10月10日 (2000.10.10)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 L 21/60

識別記号

F I

H 0 1 L 21/92

テマコード (参考)

6 0 4 J

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 60 頁)

(21) 出願番号 特願平8-535950
(86) (22) 出願日 平成8年5月28日 (1996.5.28)
(85) 翻訳文提出日 平成9年2月13日 (1997.2.13)
(86) 国際出願番号 P C T / U S 9 6 / 0 8 2 7 6
(87) 国際公開番号 W O 9 6 / 3 7 3 3 4
(87) 国際公開日 平成8年11月28日 (1996.11.28)
(31) 優先権主張番号 0 8 / 4 5 2 , 2 5 5
(32) 優先日 平成7年5月26日 (1995.5.26)
(33) 優先権主張国 米国 (U S)
(31) 優先権主張番号 0 8 / 5 2 6 , 2 4 6
(32) 優先日 平成7年9月21日 (1995.9.21)
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 フォームファクター, インコーポレイテッド
アメリカ合衆国カリフォルニア州94550
リズモア, リサーチ・ドライブ・2130
(72) 発明者 ハンドロス, イギー, ワイ
アメリカ合衆国カリフォルニア州94563
オリンダ, ヘイシェンダス・ロード・25
(72) 発明者 ドザイアー, トーマス, エイチ
アメリカ合衆国テキサス州75006 キャロ
ルトン, レイクサイド・レーン・2806
(74) 代理人 弁理士 古谷 馨 (外2名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ばね要素を成形するための方法及び装置

(57) 【要約】

圧力接統をなすのに望ましい機械的特性 (復元性等) を呈示する、電子コンポーネント用の相互接統要素が、成形工具 (512) を用いて、弾力のある形状 (片持ち梁、S 字形状、U 字形状を含む) を有する軟質材料 (金、又は軟質銅ワイヤ等) からなる伸長コア要素 (502) を成形し、また成形済みのコア要素に、硬質材料 (ニッケル、及びその合金等) で保護膜を施して、結果としての複合相互接統要素に、所望のばね (復元性のある) 特性を付与することにより形成される。成形工具は又、アンビル (622) 及びダイ (624) とすることもでき、伸長要素の連続して成形された部分に、刻み目を付けたり、又はその部分を切断することもでき、伸長要素は、本質的に硬質の (弾力のある) 材料から製作できる。

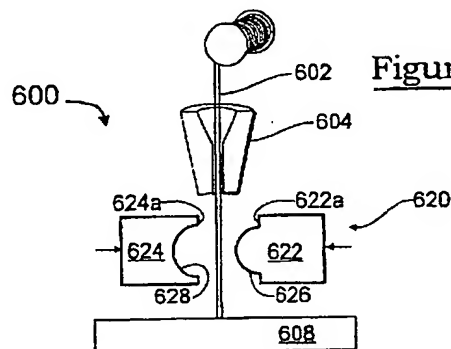


Figure 6

【特許請求の範囲】

1. 基板のある領域と、ワイヤボンディング装置の毛細管との間に延伸する伸長要素の一部を成形する方法において、

伸長要素の一部にある形状を付与するために、伸長要素の一部に対して成形工具を押し当てるステップを含むことを特徴とする方法。

2. 前記伸長要素はワイヤであることを特徴とする、請求項1に記載の方法。

3. 基板の前記領域は、電子コンポーネント上の1つの端子であることを特徴とする、請求項1に記載の方法。

4. 前記基板は犠牲基板であることを特徴とする、請求項1に記載の方法。

5. 前記伸長要素を成形するステップと関連して、前記伸長要素の成形済み部分を、前記伸長要素の残りの部分から切断するステップを含むことを特徴とする、請求項1に記載の方法。

6. 前記伸長要素の成形済み部分を、前記伸長要素の残りの部分から、スパークを用いて切断するステップを含むことを特徴とする、請求項5に記載の方法。

7. 前記スパークは、前記成形工具に実装された電極により与えられることを特徴とする、請求項6に記載の方法。

8. 前記スパークは、前記毛細管に対して固定関係で実装された電極により与えられることを特徴とする、請求項6に記載の方法。

9. 前記伸長要素を、前記成形工具上の切断特徴を用いて切断する

ステップを含むことを特徴とする、請求項1に記載の方法。

10. 端部同士が接続された複数の成形済み伸長要素を、該伸長要素の連続した部分に対して、前記成形工具を繰り返し押し当てることにより生成するステップを含むことを特徴とする、請求項5に記載の方法。

11. 前記成形工具は、基板と平行である方向に移動されることを特徴とする、請求項1に記載の方法。

12. 前記成形工具は、基板に向かう方向に移動されることを特徴とする、請求項1に記載の方法。

13. 前記伸長要素と前記成形工具の間で、電気的な接続をなすステップを含むこ

とを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

14. 前記毛細管に隣接した前記伸長要素を、電極からのスパークを用いて切断するステップを含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

15. 毛細管であって、基板の 1 つの表面上のある領域に、該毛細管を通過する供給ワイヤの一端をボンディングするために、一方の方向に移動可能であり、またワイヤの一端が基板と毛細管の間で延伸するように、反対の方向に移動可能である毛細管からなる、ワイヤボンディング装置において、

上記ワイヤの端部に所望の形状を付与するために、上記ワイヤの端部に直接作用する成形工具からなることを特徴とする、ワイヤボンディング装置。

16. 前記ワイヤの端部に対して、前記成形工具を押し当てるための

手段からなることを特徴とする、請求項 15 に記載のワイヤボンディング装置。

17. 前記成形工具に実装された EFO 電極からなることを特徴とする、請求項 15 に記載のワイヤボンディング装置。

18. 前記成形工具は、1 つのアンビルと 1 つのダイからなり、該アンビルは、前記ワイヤの端部の一方の側に配設され、上記ダイは、前記ワイヤの端部の反対側に配設され、前記所望の形状は、上記アンビル及び上記ダイが、それらの間のワイヤの端部と共に、互いに向かって移動される場合に、前記ワイヤの端部に付与されることを特徴とする、請求項 15 に記載のワイヤボンディング装置。

19. 前記アンビルと前記ダイが、互いに向かって移動される場合、前記伸長要素に少なくとも刻み目を付けるのに適した、前記アンビルと前記ダイのうちの少なくとも 1 つ上の特徴部からなることを特徴とする、請求項 18 に記載のワイヤボンディング装置。

20. 前記特徴部は、前記ワイヤの端部を、前記ワイヤの残りの部分から完全に切断するのに適していることを特徴とする、請求項 19 に記載のワイヤボンディング装置。

21. 複合相互接続要素を製作する方法において、

コア要素に弾力のある形状を付与するために、伸長コア要素に対して、成形工具を押し当てるステップと、

結果としての複合相互接続要素に、所望の大きさの復元性を付与して、該復元性を支配するのに十分な厚さ、及び十分な降伏強度の材料で、上記コア要素に保護膜を施すステップと、

を含む方法。

22. 前記コア要素に対して、前記成形工具を押し当てるステップに先行して、電子コンポーネント上の端子に、前記コア要素の一端をボンディングするステップを更に含む、請求項 21 に記載の方法。
23. 前記コア要素は、金、銅、アルミニウム、及びそれらの合金から構成されるグループから選択された材料である、請求項 21 に記載の方法。
24. 前記成形済みコア要素には、ニッケル、及びその合金から構成されるグループから選択された材料で保護膜が施される、請求項 21 に記載の方法。
25. 前記コア要素は、第 1 の軸で測定した場合、0.0003-0.0015 インチの厚さを有する、請求項 21 に記載の方法。
26. 前記コア要素は、前記第 1 の軸と直交する第 2 の軸で測定した場合、0.0010-0.0100 インチの厚さを有する、請求項 25 に記載の方法。
27. 前記コア要素は非円形断面を有する、請求項 21 に記載の方法。
28. 電子コンポーネントの端子に、相互接続要素を実装する方法において、電子コンポーネントの端子に、コア要素を取り付けるステップと、該コア要素を成形工具で成形するステップと、前記端子に、結果としての複合相互接続要素を確実に実装する

のに十分な厚さ、及び十分な降伏強度の材料で、上記コア要素、及び上記端子の少なくとも隣接部分に、保護膜を施すステップであって、該保護膜材料は、上記端子への上記結果としての相互接続要素の締結に対して実質的に寄与する、保護膜を施すステップと、

を含む方法。

29. 前記コア要素は、金、銅、アルミニウム、及びそれらの合金から構成されるグループから選択された材料である、請求項 28 に記載の方法。

30. 前記コア要素には、ニッケル、及びその合金から構成されるグループから選択された材料で保護膜が施される、請求項 28 に記載の方法。
31. 前記コア要素は、0.0003-0.0010 インチの厚さを有する、請求項 28 に記載の方法。
32. 前記コア要素に保護膜を施す前記材料は、0.0010 インチより少ない公称厚さを有する、請求項 28 に記載の方法。
33. 相互接続要素を製造する方法において、
犠牲基板の 1 つの表面に、複数のコア要素を実装するステップと、
該コア要素を成形工具で成形するステップと、
該コア要素に、少なくとも 1 つの材料の少なくとも 1 つの層で、保護膜を施すステップと、
上記犠牲基板を除去するステップと、

- を含む方法。
34. 超小型電子用途で使用するために、相互接続要素を製作する方法において、
比較的軟質の材料からなるコア要素を与えるステップと、
該コア要素を成形工具で成形するステップと、
該コア要素に、比較的硬質の材料からなるシェルで、保護膜を施すステップと、
を含む方法。

35. 前記コア要素には、水溶液からの材料の堆積、電解メッキ、無電解メッキ、化学気相成長 (CVD)、物理気相成長 (PVD)、及び液体、固体、又は気体の膜変を引き起こす工程を伴う、各種の工程から構成されるグループから選択された 1 つの工程によって、保護膜が施される、請求項 34 に記載の方法。
36. 前記コア要素は、金、銅、アルミニウム、及びそれらの合金から構成されるグループから選択された材料である、請求項 34 に記載の方法。
37. 前記シェルは、ニッケル、及びその合金から構成されるグループから選択された材料である、請求項 34 に記載の方法。
38. 前記コア要素は第 1 の降伏強度を有し、前記シェルは第 2 の降伏強度を有し

、該第2の降伏強度は、上記第1の降伏強度の少なくとも2倍である、請求項34に記載の方法。

39. 電子コンポーネントの端子に、相互接続要素を実装する方法において、

電子コンポーネントの端子に、第1の材料からなる伸長要素を取り付けるステップと、

該伸長要素を成形工具で成形するステップと、

該伸長要素に、上記第1の材料よりも高い降伏強度を有する第2の材料で、保護膜を施すステップと、

を含む方法。

40. 前記伸長要素に保護膜を施す間、前記端子の露出表面の少なくとも一部に、前記第2の材料で保護膜を施すステップを更に含む、請求項39に記載の方法。

41. ワイヤボンディングを実施する方法において、

毛細管を介して供給ワイヤを送るステップと、

基板の1つの表面上のある領域に、該基板の該表面に対して上記毛細管を押し当てることにより、上記供給ワイヤの一端をボンディングするステップと、

上記基板の上記表面から上記毛細管を離して移動させ、それによって、上記供給ワイヤを、上記毛細管から繰り出し、上記毛細管と上記基板の表面との間で、ワイヤシステムとして延伸せしめるステップと、

上記基板の表面から上のある距離で、上記毛細管を停止させるステップと、

上記毛細管を停止させた後、上記ワイヤシステムに対して成形工具を押し当てるステップと、

を含む方法。

42. 前記ワイヤシステムに対して前記成形工具を押し当てた後、前記ワイヤシステムが、自立型のワイヤシステムとなるように、また前記供給ワイヤが新しい端部を有するように、前記毛細管において前記ワイヤシステムを切断するステップを更に含む、請求項41に記載の方法。

43. 前記ワイヤシステムは、電子的火炎射出（EFO）の工程によって切断される

、請求項 4 2 に記載の方法。

44. 前記ワイヤシステムを切断する間、前記ワイヤシステムの自由端において、ボールを形成するステップを更に含む、請求項 4 2 に記載の方法。

45. 前記ワイヤシステムを切断する間、前記供給ワイヤの新しい端部において、ボールを形成するステップを更に含む、請求項 4 2 に記載の方法。

46. 伸長要素を切断する方法であって、

該伸長要素に隣接して、電極を位置決めするステップと、

上記電極と上記伸長要素の間に、放電を発生させるステップと、

を含む方法において、

放電を発生させるステップに先行して、上記伸長要素の切断を所望する位置において、上記伸長要素の断面を低減し、それによって、スパーク切断の場所を保証するステップを含むことを特徴とする方法。

47. 前記伸長要素は、ワイヤであることを特徴とする、請求項 4 6 に記載の方法

48. 前記伸長要素は、複合相互接続要素のコアであることを特徴とする、請求項 4 6 に記載の方法。

49. 前記伸長要素は、リボン状ワイヤであることを特徴とする、請求項 4 6 に記載の方法。

50. 伸長要素を成形する方法において、

該伸長要素の一部を毛細管から繰り出すステップと、

該伸長要素の繰り出された部分に対して、成形工具を押し当てるステップと

上記繰り出された部分に対して上記成形工具を押し当てる間、

上記毛細管を移動させるステップと、

を含む方法。

51. 前記伸長要素は、ワイヤであることを特徴とする、請求項 5 0 に記載の方法

52. 前記伸長要素は、複合相互接続要素のコアであることを特徴とする、請求項

50に記載の方法。

53. 前記伸長要素は、リボン状ワイヤであることを特徴とする、請求項50に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

ばね要素を成形するための方法及び装置

発明の技術分野

本発明は、ボンディングワイヤに関し、特に、本出願人による、1995年5月26日に出願された（状況：係属中）米国特許同時係属出願第08/452,255号、及び1995年11月13日に出願されたその対応PCT特許出願番号PCT/US95/14909に記載されているような、複合相互接続要素のためのコア要素として用いられる自立型のボンディングワイヤに関する。

関連出願に対する相互参照

本願は、同一出願人による1995年5月26日に出願された米国特許同時係属出願第08/452,255号（以後、「親事例」と呼ぶ）、及び1995年11月13日に出願されたその対応PCT特許出願番号PCT/US95/14909の一部継続出願であり、その両方は、同一出願人による1994年11月15日に出願された米国特許同時係属出願第08/340,144号、及び1994年11月16日に出願されたその対応PCT特許出願番号PCT/US94/13373（W0 95/14314として1995年5月26日に公告）の一部継続出願であり、それらは両方とも、同一出願による1993年11月16日に出願された米国特許同時係属出願第08/152,812号（現在では、1995年12月19日に認可された米国特許第5,476,211号）の一部継続出願である。それらの全てを、参照として本明細書に取り込む。

本願は又、同一出願人による、以下の米国特許同時係属出願の一

部継続出願でもある。すなわち、

1995年9月21日に出願された第08/526,246号（1995年11月13日に出願されたPCT/US95/14843）、

1995年10月18日に出願された第08/533,584号（1995年11月13日に出願されたPCT/US95/14842）、

1995年11月9日に出願された第08/554,902号（1995年11月13日に出願されたPCT/US95/14844）、

1995年11月15日に出願された第08/558,332号（1995年11月15

日に出願されたPCT/US95/14885)、

1995年12月18日に出願された第08/573,945号、

1996年1月11日に出願された第08/584,981号、

1996年2月15日に出願された第08/602,179号、

1996年2月21日に出願された第60/012,027号、

1996年2月22日に出願された第60/012,040号、

1996年3月5日に出願された第60/012,878号、

1996年3月11日に出願された第60/013,247号、及び

1996年5月17日に出願された第60/005,189号である。これらの全ては、上述の親事例の一部継続出願であり、それらの全てを、参照として本明細書に取り込む。

発明の背景

電子コンポーネント、特に、半導体素子（チップ）等の超小型電子コンポーネントは、複数の端子（ボンディングパッド、電極、又は導電領域とも呼ばれる）を備えることが多い。かかる素子を有用

なシステム（又は、サブシステム）に組み付けるために、多数の個々の素子が、通常プリント回路（又は、布線）基板（PCB、PWB）の媒介を通して、互いに電気的に相互接続される必要がある。

一般に、電子コンポーネント間の相互接続は、「相対的に永久な」及び「即座に取り外し可能な」相互接続という2つの広義のカテゴリーに分類できる。

「相対的に永久な」接続の一例として、半田接合がある。一旦2つのコンポーネントが互いに半田付けされると、それらコンポーネントを分離するのに、半田除去工程を用いる必要がある。ワイヤボンディングは、「相対的に永久な」接続の他の例である。

「即座に取り外し可能な」接続の一例として、1つの電子コンポーネントの堅固なピンがあり、他の電子コンポーネントの弾力のあるソケット要素によって受容される。ソケット要素は、ピンに対して、それらの間の信頼のある電気接続を保証するのに十分な大きさの接触力（圧力）を及ぼす。電子コンポーネントと圧

力接触をなすことを目的とした相互接続要素は、本明細書において、「ばね」又は「ばね要素」或いは「ばね接触子」と呼ぶ。

ばね要素を製作するための従来技術の技法には、一般に、個々のばね要素を形成するために、リン青銅、ベリリウム銅、鋼鉄、又はニッケル・鉄・コバルト（例えば、コバール）合金等の「モノリシック」ばね材料を型打ち（打ち抜き）加工、又はエッチングするステップと、ばね形状（例えば、円弧状等）を有するようばね要素を成形するステップと、ばね要素を良好な接触材料（例えば、金等

の貴金属であり、同様の材料に接触する場合、低い接触抵抗を示すことになる）でメッキするステップと、このように形状付けられ、メッキされた複数のばね要素を、直線、周辺、又はアレイパターンへと成型するステップを伴う。金を上記材料上にメッキする場合、時折、薄い（例えば、30-50マイクロインチ）ニッケルの障壁層が適切である。

一般に、いくらかの最小接触力が、電子コンポーネントに（例えば、電子コンポーネント上の端子に）信頼性の良い圧力接触をもたらすのに望まれる。例えば、約15グラム（接触当たり少なくとも2グラム以下、且つ多くて150グラム以上を含む）の接触（荷重）力が、表面上に膜で汚染される可能性があり、また表面上に腐蝕、又は酸化生成物を有する、電子コンポーネントの端子に信頼性良く電気接続をなすことを保証するのに望まれる。各ばね要素に必要な最小接触力には、ばね材料の降伏強度、又はばね要素の寸法のどちらかを増大させることが必要とされる。しかし、一般に、材料の降伏強度が高くなるほど、加工（例えば、打ち抜き、曲げ等）するのが益々困難になる。そして、ばねを更に小さく製作したいという望みによって、それらの断面を更に大きく製作することが本質的に不可能になる。

本出願人による、1995年5月26日に出願された米国特許同時係属出願第08/452,255号（及び、1995年11月13日に出願されたその対応PCT/US95/14909）には、ワイヤボンディング装置を用いて、複合相互接続要素の伸長コア要素（ワイヤステム）を成形

するための技法が記載されている。供給ワイヤの一端が、ワイヤボンディング装置の毛細管を基板（例えば、電子コンポーネント）上へと下方（ z 軸）に押圧することによって、基板上のある領域（例えば、端子）にボール・ボンディングされる。毛細管は、次に引き込まれて（上方に）、ワイヤが毛細管から外に出る（送られる）際に、基板は $x-y$ 平面内で移動して、所望のばね形状が、基板と毛細管の間のワイヤの部分に付与される。次に、ワイヤは毛細管に隣接して切断され、結果として、基板に実装される自立型のワイヤシステムとなる。ワイヤシステムに所望の形状を付与するために、外部の機械的手段を用いる可能性が、本明細書において論じられ、また詳述されている。

以下の米国特許は、関連があるものとして引用する。すなわち、同第5,386,344号、同第5,336,380号、同第5,317,479号、同第5,086,337号、同第5,067,007号、同第4,989,069号、同第4,893,172号、同第4,793,814号、同第4,777,564号、同第4,764,848号、同第4,667,219号、同第4,642,889号、同第4,330,165号、同第4,295,700号、同第4,067,104号、同第3,795,037号、同第3,616,532号、及び同第3,509,270号である。

また、注目されたいのは、「3次元的に相互接続されたモジュール・アセンブリ（THREE-Dimensionally Interconnected Module Assembly）」と称する、1991年9月3日に発行された米国特許第5,045,975号であり、これには、複数の金ワイヤ（リード）を集積回路ダイ上に、且つそれと概ね垂直にボール・ボンディングし、印

刷回路基板のメッキされたスルーホール内へと金ワイヤを挿入して、それらの上に電気的、及び機械的な接続をもたらす旨の開示がある。この技法は又、回路基板の挟まれたアセンブリを相互接続するのにも有用である。この特許は、ノッチ機構をワイヤボンディング装置（ボール・ボンディング装置）に加えることの実現性を例示し、またその技法も例示している。

発明の簡単な説明（摘要）

本発明の1つの目的は、複合相互接続要素のコア要素を、適切なばね形状を有するように成形するための改良された技法を提供することである。

本発明の他の目的は、電子コンポーネントに対して、特に超小型電子コンポーネントに対して、復元性のある相互接続要素を製造するための技法を提供することである。

本発明の他の目的は、電子コンポーネントに対して圧力接触をなすのに適している、復元性のある接触構造（相互接続要素）を提供することである。

本発明の他の目的は、相互接続要素を電子コンポーネントに確実に締結するための技法を提供することである。

本発明によれば、外部の機械的手段（成形工具）を用いて、伸長要素（例えば、ボンディングワイヤ）の部分に所望の形状が付与される。

本発明の1つの実施例において、成形工具は1部品工具であり、これは、基板（例えば、電子コンポーネント、犠牲基板等）上のあ

る領域（例えば、端子）と、ワイヤボンディング装置の毛細管との間で延伸するボンディングワイヤの一部を押圧（押す）する。

本発明の他の実施例において、成形工具は2部品工具であり、これは、アンビルとダイからなる。アンビルとダイは、それらの間の伸長要素（例えば、ワイヤ）と共に、結合へと至らしめられて、伸長要素に所望のばね形状を付与する。

本発明の1つの態様によれば、成形工具は、バイアスされて（接地を含む電位に）、伸長要素の切断に用いられるスパーク（放電）を制御可能である。

本発明の他の態様によれば、成形工具により形成された縮小径の領域が、スパーク切断（例えば、EFO電極から）時に、スパークを「引き寄せる」ことが可能である。

本発明は、限定ではないが、電子コンポーネント上の端子に（又は、犠牲基板のある領域に）ボンディングワイヤの一端を接着することにより製造される、複合相互接続要素のコア要素を成形し、ワイヤにばね形状を付与して、自立型のワイヤシステム（コア要素）となるようにワイヤを切断するのに特に有用である。自立型のワイヤシステムには、結果としての複合相互接続要素に対して、所望の復元性、また任意に、電気的な接触特性を付与する材料の1つ以上の層で保護膜生成される。コア要素が、円形の断面を有するワイヤ以外のものであることは、本

発明の範囲内である。例えば、コア要素は、矩形の断面を有することも、また「リボン」の形態をとりこともできる。

開示の技法によって、極端に小型のばね要素であるが、それらは、信頼性の良い相互接続を保証するのに十分な大きさの接触力を及ぼすことが可能である、ばね要素の製作に関連した問題が克服される。また、本開示の技法によって、半導体素子等の各種の電子コンポーネント上に直接、ばね接触子を実装することに関連した問題が克服される。

「複合」という用語の使用は、本明細書に記載した説明を通じて、用語（例えば、2つ以上の要素から形成される）の「総称的な」意味に一致しており、例えば、ガラス、カーボン、又は樹脂その他の基材に支持される他の繊維等の材料に施されるような試みの他の分野における「複合」という用語の如何なる利用とも混同すべきではない。

本明細書で使用する「ばね形状」という用語は、先端に加えられる力に対して、伸長要素の端部（先端）の弾性（復元）運動を呈示する、伸長要素の事実上の任意の形状を言う。これには、1つ以上の湾曲部を有するように成形された伸長要素だけでなく、実質的に真っ直ぐな伸長要素も含まれる。

本明細書で使用する「接触領域」、「端子」、「パッド」及び類似の用語は、相互接続要素が実装、又は接触をなす任意の電子コンポーネント上の任意の導電領域を言う。

一般に、コアは、比較的低い降伏強度を有する「軟質」材料であり、比較的高い降伏強度を有する「硬質」材料で保護膜生成される。例えば、金ワイヤ等の軟質材料が、半導体素子の接着パッドに、

（例えば、ワイヤボンディングにより）取り付けられて、ニッケル及びその合金等の硬質材料で、（例えば、電気化学メッキにより）保護膜生成される。

一般に、本明細書に記載した説明を通じて、「メッキ」という用語は、コア要素に保護膜を生成するための多数の技法の代表例として用いられる。本発明の範囲内にあるのは、限定ではないが、水溶液からの材料の堆積を伴う各種工程と、

電解メッキと、無電解メッキと、化学気相成長法（CVD）と、物理気相成長法（PVD）と、液体又は固体先行物質の誘導変換を通して、材料の堆積を生じせしめる工程と、その他を含む任意の適切な技法によって、コア要素に保護膜生成することができることであり、材料を堆積するためのこれら技法の全ては、一般に周知のところである。

一般に、ニッケル等の金属性材料で保護膜生成するために、電気化学的工程が好適であり、特に無電解メッキが好ましい。

コア要素及び保護膜の両方に代表的な材料が開示される。

以降では主に、一般的に非常に小さな寸法（例えば、3.0ミル以下）である比較的軟質の（低降伏強度）コア要素で開始することを伴う技法を説明する。半導体素子に容易に付着する金等の軟質材料は、一般に、ばねとして機能するのに十分な復元性が無い。（かかる軟質の金属性材料は、弾性変形ではなく、主に可塑性変形を呈示する。）半導体素子に容易に付着し、また適切な復元性を持つ他の軟質材料は、非導電性であることが多く、これは、大部分の弾性材料の場合にそうである。いずれの場合でも、所望の構造的、及び

電気的特性が、コアにわたって施される保護膜により、結果としての複合相互接続要素に付与できる。結果としての複合相互接続要素は、非常に小さく製作でき、更に、適切な接触力も呈示し得る。更に、複数のかかる複合相互接続要素は、それらが、隣接する複合相互接続要素に対する距離（隣接する相互接続要素間の距離は、「ピッチ」と呼ばれる）よりもかなり大きな長さ（例えば、100ミル）を有するとしても、微細ピッチ（例えば、10ミル）で配列できる。

本発明の範囲内にあるのは、複合相互接続要素を、例えば、25ミクロン（ μ m）以下の程度の断面寸法を有する、コネクタ及びソケット用の「超小型ばね」のような、超小型スケールで製造可能なことである。ミルではなくミクロンで測定される寸法を有する信頼性の良い相互接続を製造できるこの能力は、現存の相互接続技法、及び将来のエリアレイ技法という発展する要求に真っ向から対処する。

本発明の複合相互接続要素は、優れた電気的特性を呈示し、これには、導電率

、半田付け性、及び低い接触抵抗が含まれる。多くの場合、加えられる接触力に応答した相互接続要素の偏向は、結果として「拭い」接触となり、これは、信頼性の良い接触をなすのを保証するのに役立つ。

本発明の追加の利点は、本発明の相互接続要素となされる接続が、容易に取り外し可能である点にある。電子コンポーネントの端子に相互接続をもたらす半田付けは、任意であるが、一般にシステムレベルでは好ましくない。

本発明の1つの態様によれば、相互接続要素は、電子コンポーネントへの後での取り付けのために、予備製造することができる。この目的を達成するための各種の技法が、本明細書に記載されている。本書類では特定の保護されていないが、複数の個々の相互接続要素の基板への実装、又は代替として、エラストマーにおいて、又は支持基板上で複数の個々の相互接続要素の懸架を扱う機械を製造することも比較的簡単明瞭であると考えられる。

明確に理解されたいのは、本発明の複合相互接続要素は、その導電特性を強化する、又はその腐食耐性を強化するために被覆されていた、従来技術の相互接続要素とは劇的に異なるということである。

結果としての複合相互接続要素の復元性を制御することに加えて、本発明の保護膜は、電子コンポーネントの端子への相互接続要素の締結を実質的に強化する。応力（接触力）は、応力を吸収することを特定の意図する、相互接続要素の部分に向けられる。

本発明の1つの利点は、本明細書で説明する工程が、犠牲部材等の上に、相互接続要素、特に復元性のある相互接続要素を「予備製造」し、その後、相互接続要素を電子コンポーネントに実装することに十分適している点にある。電子コンポーネント上に直接、相互接続要素を製造するのとは対照的に、これによって、電子コンポーネントを処理する際のサイクル時間の低減が可能となる。更に、相互接続要素の製造と関連する可能性のある歩留り問題が、従って電子コンポーネントとは無関係となる。例えば、完全に良好とは言えないまでも比較的高価な集積回路素子が、それに実装される相互

接続要素を製造する工程における障害によって、台無しになることは不誠実であろう。電子コンポーネントへの予備製造された相互接続要素の実装は、以下に記載される詳細な説明から明らかとなるが、比較的簡単明瞭である。

また認識されたいのは、本発明は、ばね構造を製作するための本質的に新規な技法を提供するということである。一般に、結果としてのばねの動作構造は、曲げ及び成形の生成物ではなく、メッキの生成物である。これによって、ばね形状を確立する広範な材料、及びコアの「足場」を電子コンポーネントに取り付けるための各種の「易しい」工程の利用に対して扉が開かれる。保護膜は、コアの「足場」にわたった「超構造」として機能し、その両方の用語は、土木工学の分野にそれらの原点を有する。

ワイヤシステムに対して、容易に変形可能で、可鍛性があり、従順な材料を用いることの有意な利点のうちの1つは、その材料が、結果としての復元性のある接触構造の物理的性質（例えば、引張強度、復元性、等）を変更することなく、その材料に施される保護膜用の形状を確立すべく容易に構成される点にある。ワイヤシステムは、結果としての接触構造を製造する工程（始まっているが終了していない）全体における重要な第1ステップとして機能するので、ワイヤシステムは、「手始めの（inchoate）」接触構造として特徴づけることができる。

本発明の複合相互接続（ばね）要素は、広範な用途に適用可能であり、例えば介在体に用いられる。介在体に複合相互接続要素を用

いることの趣旨は、親事例に記載されている。一般に、本明細書に用いる「介在体」とは、基板のことであり、その2つの対向した表面上に接触子を有し、2つの電子コンポーネントの間に配設されて、その2つの電子コンポーネントを相互接続する。時折、介在体が、2つの相互接続された電子コンポーネントのうちの少なくとも1つの取り外し（例えば、交換、更新、その他のために）を可能にすることが望ましい。

本発明が従来技術と劇的に異なるのは、保護膜が用いられて、所望の機械的特性（例えば、弾性）が、弾性的とは言えないまでも、容易に形成される手始めの相互接続要素（接触構造）に付与される点においてである。従来技術では、被覆

(金メッキを含む) が主として用いられて、相互接続要素の電気的特性が強化され、またその腐蝕が防止される。

複合相互接続要素は、電子コンポーネント上の「本来の場所に」製造され得るか、後での電子コンポーネントへの実装のために「予備製造」され得るかのいずれかである。

毛細管に相対してコンポーネントを移動する（又は、その逆）ことにより形状を付与することに対して、伸長要素（例えば、ワイヤ）の一部に所望の形状を付与するために、成形工具を用いることの利点の中には、以下のような利点がある。すなわち、

- ・スプリングバックに伴う問題が大いに回避される点、
- ・所望の形状をより即座に開発できる点、
- ・伸長要素の複数の成形部を、更に再現性の良い仕方で製造でき

る点、

- ・伸長要素の成形部の形状にわたった更に積極的な制御を達成できる点、
- ・複数の自立型の成形ワイヤを、基板上で互いに更に近接して実装できる点がある。

自立型の伸長要素がそれ自身の配向を有する、複数の自立型の伸長要素を成形して、それを基板に実装する場合に、成形工具には、各種の配向を吸収するのに十分な自由度が与えられる。モノリシック相互接続要素、又は複合相互接続要素の硬質コアに対して用いられるような、比較的硬質の材料を成形するために、成形工具は特に役立ち、また好ましい。

本発明の他の目的、特徴、及び利点は、本発明の以下の詳細な説明に鑑みて明らかとなる。

図面の簡単な説明

参照は、本発明の好適な実施例に対して詳細になされ、その例は、添付図面に示されている。これらの好適な実施例に関連して本発明を説明するが、理解されたいのは、本発明の精神、及び範囲をこれら特定の実施例に限定することを意図しない、ということである。

本明細書に提示される側面図において、図示の明瞭化のために、側面図のかなりの部分を断面で提示している。例えば、図面の多くで、ワイヤシステムは、太線で完全に示されるが、保護膜は、本当の断面で示されている（網かけのないことが多い）。

本明細書に提示される図において、図示の明瞭化のために、幾つ

かの要素のサイズが誇張してある（図の他の要素に面对向して、縮尺が合っていない）ことが多い。

図1Aは、本発明の1つの実施例に従った、複合相互接続要素の一端を含めた長手部分の断面図である。

図1Bは、本発明の他の実施例に従った、複合相互接続要素の一端を含めた長手部分の断面図である。

図1Cは、本発明の他の実施例に従った、複合相互接続要素の一端を含めた長手部分の断面図である。

図1Dは、本発明の他の実施例に従った、複合相互接続要素の一端を含めた長手部分の断面図である。

図1Eは、本発明の他の実施例に従った、複合相互接続要素の一端を含めた長手部分の断面図である。

図2Aは、本発明に従って、電子コンポーネントの端子に実装されて、多層化シェルを有する複合相互接続要素の断面図である。

図2Bは、本発明に従って、中間層が誘電体材料製である、多層化シェルを有する複合相互接続要素の断面図である。

図2Cは、本発明に従って、電子コンポーネント（例えば、プローブカード挿入）に実装される、複数の複合相互接続要素の斜視図である。

図2Dは、本発明に従って、模様付き先端を有する複合相互接続要素を製造するための技法の例示的な第1ステップの断面図である。

図2Eは、本発明に従って、相互接続要素を製造するための図2Dの技法の例示的な更なるステップの断面図である。

図 2 F は、本発明に従って、相互接続要素を製造するための図 2 E の技法の例示的な更なるステップの断面図である。

図 2 G は、本発明に従った、図 2 D - 2 F の技法に従って製造された例示的な複数の個々の相互接続要素の断面図である。

図 2 H は、本発明に従った、図 2 D - 2 F の技法に従って製造されて、互いに規定の空間関係に関連した、例示的な複数の相互接続要素の断面図である。

図 2 I は、本発明に従って、相互接続要素を製造するための代替実施例の断面図であり、1つの相互接続要素の1つの端部を示す。

図 3 は、本発明に従って、基板（例えば、電子コンポーネント）にワイヤシステムを実装するワイヤボンディング装置の部分斜視、部分概略図である。この実施例において、ワイヤシステムは、ワイヤボンディング装置の毛細管と、ワイヤシステムが接着される基板との間の相対移動により成形される。

図 4 A は、本発明に従って、基板（例えば、電子コンポーネント）にワイヤシステムを実装するワイヤボンディング装置の動作部分の斜視図である。この実施例において、ワイヤシステムは、ワイヤシステムを押圧する外部の成形工具により成形されることになる。

図 4 B は、図 4 A のワイヤボンディング装置の側面図であり、本発明に従って、外部の成形工具の手段により、ワイヤシステムを成形する技法を示し、ワイヤシステムの成形、自立型となるようにワイヤシステムを切断することに関連する。

図 4 C は、図 4 B のワイヤボンディング装置の側面図であり、本

発明に従った、完全に形成されたワイヤシステム、及び後続のワイヤボンディングを成すために、供給ワイヤの端部に既に形成されているボールを示す。

図 5 A は、本発明に従った、外部の成形工具の1つの実施例を含むワイヤボンディング装置の斜視図である。

図 5 B 及び 5 C は、本発明に従って、図 5 A の成形工具で伸長要素（例えば、ワイヤ）を成形する方法の側面図である。

図 6 は、本発明に従った、外部の成形工具の他の実施例を含むワイヤボンディング装置の斜視図である。

図6Aは、本発明に従って、図6の成形工具で伸長要素（例えば、ワイヤ）を成形する方法の側面図であり、伸長要素に切り込みを付ける又はそれを切断するための、成形工具の特徴部分を含む。

図6Bは、本発明に従って、端部間で連結される一連の成形済み伸長要素を規定するために、既に切り込みの付けられている伸長要素の側面図である。

図7は、本発明に従って、複数の成形済み伸長要素を基板内に挿入するための技法の側面図である。

発明の詳細な説明

上述の米国特許出願第08/452,255号、及び同第08/573,945号の開示を、参照として本明細書に取り込む。本特許出願は、それら米国特許に開示される技法の幾つかを要約する。

本発明の重要な態様は、（1）結果としての複合相互接続要素の機械的性質を確立し、及び／又は（2）相互接続要素が電子コンポ

ーネントの1つの端子に実装される場合に、その端子に相互接続要素を確実に締結するために、「複合」相互接続要素が、コア（電子コンポーネントの端子に実装される）で開始し、次いで、適切な材料でコアに保護膜を生成することにより形成できる点にある。このようにして、弾性変形可能な形状へと容易に成形されて、電子コンポーネントの最も脆弱な部分にさえも容易に取り付けられる、軟質材料のコアで開始することにより、復元性のある相互接続要素（ばね要素）が製造できる。硬質材料からばね要素を形成し、容易には明白でなく、論証可能に直感的でない従来技術を鑑みると、その軟質材料は、ばね要素の基底部を形成可能である。かかる「複合」相互接続要素は、一般に、本発明の実施例に用いるのに、好適な形態の復元性のある接触構造である。

図1A、1B、1C及び1Dは、本発明に従った、複合相互接続要素用の各種の形状を一般的に示す。

以降では主に、復元性を呈示する複合相互接続要素を説明する。しかし理解されたいのは、復元性のない複合相互接続要素も本発明の範囲内に入ることである。

更に、以降では主に、硬質（弾性）材料により保護膜生成される、軟質（容易に成形されて、使い勝手の良い工程により、電子コンポーネントに固定しやすい）コアを有する、複合相互接続要素を説明する。しかし、コアを硬質材料とし得ることも本発明の範囲内にあり、保護膜は、主に、電子コンポーネントに相互接続要素を確実に締結するように機能する。

図1Aにおいて、電氣的な相互接続要素110には、「軟質」材料（例えば、40,000psiよりも少ない降伏強度を有する材料）のコア112と、「硬質」材料（例えば、80,000psiよりも大きな降伏強度を有する材料）のシェル（保護膜）114とが含まれる。コア112は、概ね真っ直ぐな片持ち梁として成形（構成）される伸長要素であり、0.0005から0.0030インチ（0.001インチ=1ミル≒25ミクロン（ μm ））の直径を有するワイヤとすることができる。シェル114は、既に成形されたコア112にわたって、適切なメッキ工程（例えば、電気化学メッキ）等の任意の適切な工程により施される。

図1Aは、本発明の相互接続要素に対して恐らく最も簡単な形状と思われるスプリング形状、すなわち、その先端110bにおいて加えられる力「F」に対して、ある角度で配向された真っ直ぐな片持ち梁を示す。かかる力が、相互接続要素が圧力接触している電子コンポーネントの端子により加えられる場合、先端の下方への（図で見て）偏向により、明らかに結果として、先端が端子を横切って移動する、すなわち「拭い」運動となる。かかる拭い接触により、信頼性の良い接触が、相互接続要素と電子コンポーネントの接触端子との間でなされることが保証される。

その「硬質性」のおかげで、またその厚さ（0.00025から0.0050インチ）を制御することにより、シェル114は、相互接続要素110全体に対して、所望の復元性を付与する。このようにして、電子コンポーネント（不図示）間の復元性のある相互

接続を、相互接続要素110の2つの端部110aと110bの間にもたらすこ

とができる。(図1Aにおいて、参照番号110aは、相互接続要素110の一端を示し、端部110bに対向した実際の端部は示されていない。)電子コンポーネントの端子に接触する際に、相互接続要素110は、「F」で表記される矢印で示されるような、接触力(圧力)を受けることになる。

保護膜(単層又は多層保護膜のどちらか)の厚さは、保護膜生成されるワイヤの直径よりも厚くする方が一般に好ましい。事実、結果としての接触構造の厚さが、コアの厚さに保護膜の厚さの2倍を加えた合計であるので、コア(例えば、1ミル)と同じ厚さを有する保護膜は、全体で、コアの厚さの2倍を有して出現する。

相互接続要素(例えば、110)は、加えられる接触力に応答して偏向することになるが、該偏向(復元性)は、相互接続要素の全体形状によって部分的に、(コアの降伏強度に対して)保護膜材料の優勢な(より大きな)降伏強度により部分的に、また、保護膜材料の厚さにより部分的に決定される。

本明細書で用いる「片持ち式」及び「片持ち梁」という用語は、伸長構造(例えば、保護膜付きコア112)が、一端に実装(固定)されて、他端は、通常、伸長要素の長手方向軸に対して概ね横方向に作用する力に応答して、自由に移動する。これらの用語の使用により、伝達又は暗示を意図する他の特定の、又は限定的な意味は何もない。

図1Bにおいて、電気的な相互接続要素120には、同様に、軟

質コア122(112に匹敵)と、硬質シェル124(114に匹敵)とが含まれる。この例の場合、コア122は、2つの湾曲部を有するように成形され、従って、S字形状と見なされる。図1Aの例のように、このようにして、電子コンポーネント(不図示)間の復元性のある相互接続を、相互接続要素120の2つの端部120aと120bの間にもたらすことができる。(図1Bにおいて、参照番号120aは、相互接続要素120の一端部を示し、端部120bに対向した実際の端部は示されていない。)電子コンポーネントの端子に接触する際に、相互接続要素120は、「F」で表記される矢印で示されるような、接触力(圧力)を受けることになる。

図1Cにおいて、電氣的な相互接続要素130には、同様に、軟質コア132（112に匹敵）と、硬質シェル134（114に匹敵）とが含まれる。この例の場合、コア132は、1つの湾曲部を有するように成形され、U字形状と見なすことができる。図1Aの例のように、このようにして、電子コンポーネント（不図示）間の復元性のある相互接続を、相互接続要素130の2つの端部130aと130bの間にもたらすことができる。（図1Cにおいて、参照番号130aは、相互接続要素130の一端部を示し、端部130bに対向した実際の端部は示されていない。）電子コンポーネントの端子に接触する際に、相互接続要素130は、「F」で表記される矢印で示されるような、接触力（圧力）を受けられることになる。代替として、相互接続要素130を使用して、「F'」で表記される矢印で示されるように、その端部130b以外で接触をなす

こともできる。

図1Dは、軟質コア142と硬質シェル144を有する、復元性のある倉庫接続要素140の他の実施例を示す。この例の場合、相互接続要素140は、本質的に簡単な片持ち式（図1Aに匹敵）であり、湾曲した先端140bは、その長手方向軸に対して横方向に作用する接触力「F」を受ける。

図1Eは、軟質コア152と硬質シェル154を有する、復元性のある相互接続要素150の他の実施例を示す。この例の場合、相互接続要素150は、概ね「C字形状」であり、好適には僅かに湾曲した先端を備え、「F」で表記される矢印で示されるように、圧力接触をなすのに適している。

理解されたいのは、軟質コアは、任意の弾性変形可能な形状、換言すると、復元性のある相互接続要素に、その先端に加えられる力に応答して弾性的に偏向せしめる形状へと、容易に形成することができるということである。例えば、コアは、慣用的なコイル形状に形成することもできる。しかし、コイル形状は、相互接続要素の全長、及びそれに関連したインダクタンス（その他）、また高周波（速度）で動作する回路へのインダクタンスの悪影響に起因して好ましくない。

シェル、又は多層シェル（以下で説明する）の少なくとも1つの層の材料は、コアの材料よりも大幅に高い降伏強度を有する。従って、シェルは、結果として

の相互接続構造の機械的特性（例えば、復元性）を確立する際にコアの影を薄くする。シェル対コアの降伏

強度の比率は、少なくとも2：1が好適であり、少なくとも3：1及び少なくとも5：1も含み、10：1程度に高くすることもできる。また明らかなのは、シェル、又は多層シェルの少なくとも外部層は、導電性にすべきであり、シェルがコアの端部を覆う場合には顕著である。（しかし、親事例には、コアの端部が露出される実施例が記載されており、その場合には、コアは導電性でなければならない。）

学術的な観点から、結果としての複合相互接続要素のばね作用（ばね形状）部分に、硬質材料で保護膜生成することが唯一必要である。この観点から、コアの2つの端部の両方に保護膜生成することは一般に本質的でない。しかし、実際問題としては、コア全体に保護膜生成することが好ましい。電子コンポーネントに締結（取り付け）られるコアの一端に保護膜生成する特定の理由、及びそれで生じる利点を、以下で更に詳細に論じる。

コア（112、122、132、142）に適した材料には、限定でないが、金、アルミニウム、銅、及びそれらの合金が含まれる。これらの材料は通常、所望の物理的性質を得るために、少量の他の材料で合金化されるが、それらは例えば、ベリリウム、カドミウム、シリコン、マグネシウム、その他である。銀、パラジウム、プラチナ、プラチナ群の元素の金属等の金属又は合金を用いることも可能である。鉛、スズ、インジウム、ビスマス、カドミウム、アンチモン、及びそれらの合金から構成される半田が使用可能である。

電子コンポーネントの端子へのコア（ワイヤ）の一端の面対向取

り付け（以下で更に詳細に論じる）は、一般に、（温度、圧力、及び／又は超音波エネルギーを用いて、ボンディングをもたらす）ボンディングしやすい任意の材料（例えば、金）のワイヤであり、これは、本発明を実施するのに適している。非金属材料を含む、保護膜生成（例えば、メッキ）しやすい任意の材料が、コアに使用できることも本発明の範囲内である。

シェル（１１４、１２４、１３４、１４４）に適した材料には、（多層シェルの個々の層に関して、以下で論じるように）限定ではないが、ニッケル及びその合金と、銅、コバルト、鉄及びそれらの合金と、両方とも卓越した電流搬送能力、及び良好な接触抵抗特性を呈示する、金（特に硬質の金）及び銀と、プラチナ群の元素と、貴金属と、半貴金属及びそれらの合金、特にプラチナ群の元素及びそれらの合金と、タングステンと、モリブデンが含まれる。半田状の仕上げが所望の場合には、スズ、鉛、ビスマス、インジウム、及びそれらの合金を用いることもできる。

これらの被覆材料を、上記に記載した各種のコア材料にわたって施すために選択される技法は、無論のこと、用途に合わせて変化する。電解メッキ、及び無電解メッキは一般に好適な技法である。しかし、一般には、金のコアにわたってメッキを施すことは、直感的ではない。本発明の１つの態様によれば、金のコアにわたってニッケルのシェルをメッキする（特に、無電解メッキする）場合、メッキ開始を容易にするために、まず、金のワイヤシステムにわたって薄い銅の開始層を施すことが望ましい。

図１Ａ－１Ｅに示すような例示的な相互接続要素は、約０．００１インチのコア径と、０．００１インチのシェル厚を有し、従って、相互接続要素は、約０．００３インチの全体径（すなわち、コア径足す２倍のシェル厚）を有する。一般に、シェルのこの厚さは、コアの厚さ（例えば、直径）の０．２－５．０（１／５から５）倍程度となる。

複合相互接続要素に関する幾つかの例示的なパラメータは、以下のようになる。

（ａ）１．５ミルの直径を有する金のワイヤコアが、４０ミルの全長、及び９ミル半径の略Ｃ字状湾曲（図１Ｅに匹敵）を有するように成形され、０．７５ミルのニッケルでメッキされ（全体径＝１．５＋２×０．７５＝３ミル）て、任意として金の５０マイクロインチの最終保護膜を受容する。結果としての複合相互接続要素は、約３－５グラム／ミルのばね定数（ k ）を呈示する。使用時に、３－５ミルの偏向は、結果として９－２５グラムの接触力となる。この例は、介挿

物用のばね要素に関連して有用である。

(b) 1.0ミルの直径を有する金のワイヤコアが、35ミルの全長を有するように成形され、1.25ミルのニッケルでメッキされ(全体径 $=1.0+2\times 1.25=3.5$ ミル)で、任意として金の50マイクロインチの最終保護膜を受容する。結果としての複合相互接続要素は、約3グラム/ミルのばね定数(k)を呈示して、プローブ用のばね要素に関連して有用である。

(c) 1.5ミルの直径を有する金のワイヤコアが、20ミルの

全長、及び約5ミルの半径の略S字状湾曲を有するように成形され、0.75ミルのニッケル又は銅でメッキされる(全体径 $=1.5+2\times 0.75=3$ ミル)。結果としての複合相互接続要素は、約2-3グラム/ミルのばね定数(k)を呈示して、半導体素子上に実装するためのばね要素に関連して有用である。

コアは、丸い断面を有する必要はなく、むしろシートから延伸する平坦なタブ(矩形断面を有する)とすることもできる。理解されたいのは、本明細書で用いる「タブ」という用語は、「TAB」(テープ自動化ボンディング)と混同すべきでない、ということである。

多層シェル

図2Aは、端子214が設けられる電子コンポーネント212に実装された、相互接続要素210の1つの実施例200を示す。この例の場合、軟質(例えば、金)ワイヤコア216が、一端において端子214にボンディングされ(取り付けられ)、端子から延伸してばね形状を有するように構成され(図1Bに示す形状に匹敵)で、自由端216bを有するように切断される。このようにワイヤのボンディング、成形、及び切断は、ワイヤボンディング装置を用いて達成される。コアの端部216aにおける接着剤は、端子214の露出表面の比較的小さい部分しか覆わない。

シェル(保護膜)が、ワイヤコア216にわたって配設され、この例の場合、多層化として示され、内層218と外層220を有し、その両方の層はメッキ工程により適切に施される。多層シェルの1

つ以上の層が、硬質材料（ニッケル及びその合金等の）から形成されて、所望の復元性が、相互接続要素 210 に付与される。例えば、外層 220 は、硬質材料とすることができ、内層は、コア材料 216 上に硬質材料 220 をメッキする際に、緩衝又は障壁層として（あるいは、活性層、接着材層として）機能する材料とすることができる。代替として、内層 218 を硬質材料とし、外層 220 を、導電率及び半田付け可能性を含めた優れた電気的特性を呈示する材料（軟質の金等）とすることもできる。半田又はろう接型式の接触が所望の場合、相互接続要素の外層は、それぞれ、鉛-スズ半田又は金-スズろう接材料とすることができる。

端子への締結

図 2A は、総括的に、本発明の他の重要な特徴、すなわち復元性のある相互接続要素が、電子コンポーネント上の端子に確実に締結できることを示す。相互接続要素の取付端 210a は、相互接続要素の自由端 210b に加えられる圧縮力（矢印「F」）の結果として、大幅な機械的応力を受ける。

図 2A に示すように、保護膜（218、220）は、コア 216 だけでなく、連続して（中断なしに）コア 216 に隣接する端子 214 の残り（すなわち、接着剤 216a 以外）の露出表面全体も覆う。これによって、相互接続要素 210 が、端子に確実に信頼性良く締結され、保護膜材料が、端子への結果としての相互接続要素の締結に対して、実質的に（例えば、50% よりも大きく）寄与する。一般に、必要なのは、保護膜材料が、コアに隣接する端子の少

なくとも一部を覆うことだけである。しかし、保護膜材料は、端子の残りの表面全体を覆うことが一般に好ましい。好適には、シェルの各層は金属性である。

一般的な提案として、コアが端子に取付（接着）される比較的小さい領域は、結果としての複合相互接続要素に課せられる接触力（「F」）から生じる応力を吸収するのにあまり適さない。シェルが、端子の露出表面全体（端子へのコア端 216a の取付をなす比較的小さい領域以外の）を覆うおかげで、相互接続構造全体が、端子に確実に締結される。保護膜の接着強度、及び接触力に反作用する能力は、コア端（216a）自体のそれよりはるかに高い。

本明細書で用いる「電子コンポーネント」（例えば、212）という用語には、限定ではないが、相互接続及び介挿基板と、シリコン（Si）又はヒ化ガリウム（GaAs）等の任意の適切な半導体材料製の半導体ウェーハ及びダイと、生成相互接続ソケットと、試験ソケットと、親事例に記載されているような犠牲部材、要素及び基板と、セラミック及びプラスチックパッケージ、及びチップキャリアを含む半導体パッケージと、コネクタとが含まれる。

本発明の相互接続要素は、特に、以下のものとして用いるのに十分適している。すなわち、

- ・半導体パッケージを有する必要がなく、シリコンダイに直接実装される相互接続要素と、
- ・電子コンポーネントを試験するために、基板（以下で更に詳細に説明する）からプローブとして延伸する相互接続要素と、

- ・介在体（以下で更に詳細に論じる）の相互接続要素である。

本発明の相互接続要素は、それが、硬質材料の付随の通常貧弱なボンディング特性によって制限されることなく、硬質材料の機械的特性（例えば、高い降伏強度）の恩恵を受ける点で類を見ない。これは、親事例に詳しく述べられているように、シェル（保護膜）が、コアの「足場」にわたって「超構造」として機能するという事実により大いに可能になる。ここで、それら2つの用語は、土木工学の環境から借用したものである。これは、メッキが保護（例えば、耐腐食）被覆として用いられ、また、相互接続構造に対して所望の機械的特性を付与するのが一般に不可能である、従来技術のメッキ化相互接続要素とは非常に異なる。また、これは、電気的な相互接続部に施されるベンゾトリアゾール（BTA）等の、任意の非金属性の耐腐食被覆とはある種著しく対照的である。

本発明の多数の利点の中には、複数の自立相互接続構造が、基板の上の共通の高さに対して、減結合コンデンサを有するPCB等のその異なるレベルから、基板上に容易に形成されるので、それらの自由端は互いに共平面にあるという利点がある。更に、本発明に従って形成される相互接続要素の電気的、及び機械的（例えば、可塑的及び弾性的）特性が共に、特定の用途に対して容易に合わせられ

る。例えば、所与の用途において望ましいのは、相互接続要素が、可塑及び弾性変形を呈示することである。（可塑変形が望ましいのは、相互接続要素により相互接続されるコンポーネントにおいて、総非平面性を吸収するためである。）弾性的な挙動が所望である場

合、相互接続要素が、最小閾値量の接触力を発生して、信頼性の良い接触をもたらすことが必要である。また利点は、接触表面上に汚染膜が偶発的に存在することに起因して、相互接続要素の先端が、電子コンポーネントの端子と拭い接触をなす点にもある。

本明細書で用い、接触構造に適用される「復元性のある」という用語は、加えられた荷重（接触力）に応答して、主に弾性的な挙動を呈示する接触構造（相互接続要素）を意味し、また、「従順な」という用語は、加えられた荷重（接触力）に応答して、弾的及び可塑的な挙動の両方を呈示する接触構造（相互接続要素）を意味する。本明細書で用いるような、「従順な」接触構造は、「復元性のある」接触構造である。本発明の複合相互接続要素は、従順な、又は復元性のある接触構造のどちらかの特別な場合である。

多数の特徴は、親事例に詳細に述べられており、限定ではないが、犠牲基板上に相互接続要素を製造するステップと、電子コンポーネントに複数の相互接続要素を一括転移するステップと、好適には粗い表面仕上げである接触先端を相互接続要素に設けるステップと、一時的、次いで永久的な接続を電子コンポーネントになすために、電子コンポーネント上に相互接続要素を使用するステップと、相互接続要素を、それらの対向端での間隔とは異なる一端での間隔を有するように配列するステップと、相互接続要素を製造するステップと同一工程のステップで、ばねクリップ、及び位置合わせピンを製造するステップと、接続されたコンポーネント間での熱膨張による差異を吸収するように、相互接続要素を使用するステップと、個別

の半導体パッケージ（S I M M等の）の必要性を廃除するステップと、任意として、復元性のある相互接続要素（復元性のある接触構造）を半田付けするステッ

ブとを含む。

制御されたインピーダンス

図2Bは、多層を有する複合相互接続要素220を示す。相互接続要素220の最内部（内部の細長い導電要素）222は、上記したように、未被覆コアか、又は既に保護膜生成されているコアのいずれかである。最内部222の先端222bは、適切なマスキング材料（不図示）でマスクされる。誘電体層224が、電気泳動工程等により最内部222にわたって施される。導電材料の外層226が、誘電体層224にわたって施される。

使用時に、外層226を電氣的に接地することにより、結果として、相互接続要素が、制御されたインピーダンスを有することになる。誘電体層224用の例示的な材料は、高分子材料であり、任意の適切な仕方で、且つ任意の適切な厚さ（例えば、0.1〜3.0ミル）に施される。

外層226は多層とすることができる。例えば、最内部222が未被覆のコアである例では、相互接続要素全体が復元性を呈示することが所望である場合、外層226のうち少なくとも1つの層は、ばね材料である。

ピッチ変更

図2Cは、複数（図示では多くのうち6個）の相互接続要素251…256が、プローブカード挿入（慣用的な仕方でプローブカー

ドに実装される副アセンブリ）等の電子コンポーネント260の表面上に実装される実施例250を示す。プローブカード挿入の端子及び導電トレースは、図示の明瞭化のために、この図面から省略されている。相互接続要素251…256の取付端は、0.050〜0.100インチといった第1のピッチ（間隔）で始まる。相互接続要素251…256は、それらの自由端（先端）が0.005〜0.010インチといった第2の微細なピッチとなるように、成形及び／又は配向される。あるピッチから別のピッチへと相互接続をなす相互接続アセンブリは、通常、「間隔変換器」と呼ばれる。

図示のように、相互接続要素の先端251b…256bは、2つの平行な列状に配列されるが、これは例えば、接着パッド（接点）の2つの平行な列を有する

半導体素子に接触させる（試験及び／又はエージング時に）ためである。相互接続要素は、他の先端パターを有するように配列できるが、これは、アレイ等の他の接点パターンを有する電子コンポーネントに接触させるためである。

一般に、本明細書に開示される実施例を通じて、1つの相互接続要素しか示さないが、本発明は、複数の相互接続要素を製造して、周辺パターン又は矩形アレイパターンといった、互いに規定の空間関係で複数の相互接続要素を配列することにも適用可能である。

犠牲基板の使用

電子コンポーネントの端子への直接的な相互接続要素の実装を以上に説明した。総括的に言うと、本発明の相互接続要素は、犠牲基板を含む任意の適切な基板の任意の適切な表面に製造、又は実装可

能である。

親事例に注目されたいが、これには、例えば電子コンポーネントへの後続の実装のための別個、且つ特異な構造として、複数の相互接続構造（例えば、復元性のある接触構造）を製造する図11A-11Fについての記載、及び犠牲基板（キャリア）に複数の相互接続要素を実装し、次いで電子コンポーネントにひとまとめで複数の相互接続要素を転写する図12A-12Cについての記載がある。

図2D-2Fは、犠牲基板を用いて、先端構造を実施した複数の相互接続要素を製造するための技法を示す。

図2Dは、技法250の第1のステップを示し、マスキング材料252のパターン化層が、犠牲基板254の表面上に施される。犠牲基板254は、例として、薄い（1-10ミル）銅又はアルミニウム箔とすることができ、マスキング材料252は、共通のホトレジストとなる。マスキング層252は、相互接続要素の製造を所望する位置256a、256b、256cにおいて、複数（図示では多くのうち3個）の開口を有するようにパターン化される。位置256a、256b、及び256cは、この意味で、電子コンポーネントの端子に匹敵する。位置256a、256b、及び256cは、この段階で好適に処理されて、粗い又は特徴的な表面模様を有する。図示のように、これは、位置256a、256b

、及び256cにおいて、箔254に窪みを形成する型押し治具257で機械的に達成される。代替として、3つの位置での箔の表面を、表面模様を有するように化学的にエッチングすることも可能である。この一般的

な目的をもたらすのに適した任意の技法は、本発明の範囲内にあり、例えばサンドブラस्टینگ、ピーニング、その他である。

次に、複数（図示では多くのうち1つ）の導電性先端構造258が、図2Eに示すように、各位置（例えば、256b）に形成される。これは、電解メッキ等の任意の適切な技法を用いて達成され、多層の材料を有する先端構造を含む。例えば、先端構造258は、犠牲基板上に施されるニッケルの薄い（例えば、10-100マイクロインチ）障壁層、続いて軟質の金の薄い（例えば、10マイクロインチ）、続いて硬質の金の薄い（例えば、20マイクロインチ）層、続いてニッケルの比較的厚い（例えば、200マイクロインチ）層、軟質の金の最終の薄い（例えば、100マイクロインチ）層を有する。一般に、ニッケルの第1の薄い障壁層は、後続の金の層が、基板254の材料（例えば、アルミニウム、銅）によって「腐敗」されるのを防止するために設けられ、ニッケルの比較的厚い層は、先端構造に強度を与えるためであり、軟質の金の最終の薄い層は、容易に接着される表面を与える。本発明は、先端構造を犠牲基板上に形成する方法の如何なる特定例にも限定されない。というのは、これらの特定例は、用途に応じて必然的に変化するためである。

図2Eに示すように、相互接続要素用の複数（図示では多くのうち1つ）のコア260が、例えば、上記した電子コンポーネントの端子に軟質のワイヤコアをボンディングする技法のいずれかによって、先端構造258上に形成される。コア260は次に、上記の仕方では好適には硬質材料262で保護膜生成され、マスキング材料2

52が次いで除去され、結果として、図2Fに示すように、犠牲基板の表面に実装される複数（図示では多くのうち3つ）の自立相互接続要素264となる。

図2Aに関連して説明した、端子（214）の少なくとも隣接した領域を覆う

保護膜材料と同様にして、保護膜材料262は、それらの対応する先端構造258にコア260を確実に締結し、所望の場合、結果としての相互接続要素262に復元特性を付与する。親事例に注記されるように、犠牲基板に実装される複数の相互接続要素は、電子コンポーネントの端子に一括転移される。代替として、2つの広範に分岐した経路をとることもできる。

シリコンウェーハを犠牲基板として使用でき、その上に先端構造が製造されること、及びそのように製造された先端構造が、電子コンポーネントに既に実装されている復元性のある接触構造に連結（例えば、半田付け、ろう接）できることも、本発明の範囲内である。

図2Gに示すように、犠牲基板254は、選択性化学エッチング等の任意の適切な工程により簡単に除去される。ほとんどの選択性化学エッチングは、他方の材料よりもかなり大きな比率で一方の材料をエッチングし、また、他方の材料は、その工程で僅かしかエッチングされないもので、この現象を有利に用いて、犠牲基板の除去と同時に、先端構造におけるニッケルの薄い障壁層が除去される。しかし、必要ならば、薄いニッケル障壁層は、後続のエッチングステップでも除去可能である。これによって、結果として、複数（図示

では多くのうち3つ）の個々に離散し特異な相互接続要素264となり、これは点線266で示され、電子コンポーネント上の端子に（半田付け又はろう接等により）後で装着される。

また、言及すべきは、保護膜材料が、犠牲基板及び／又は薄い障壁層を除去する工程で、僅かに薄くされるという点である。しかし、これが生じないほうが好ましい。

保護膜の薄小化を防止するには、金の薄い層、又は例えば、約20マイクロインチの硬質の金にわたって施される約10マイクロインチの軟質の金が、保護膜材料262にわたって最終層として施されることが好ましい。かかる金の外層は、主に、その優れた導電率、接触抵抗、及び半田付け可能性を意図するものであり、障壁層及び犠牲基板の除去に用いることを意図した、ほとんどのエッチング溶液に対して、一般に不浸透性が高い。

代替として、図2Hに示すように、犠牲基板254の除去に先行して、複数（図示では多くのうち3つ）の相互接続要素264が、内部に複数の穴を有する薄いプレート等の任意の適切な支持構造266によって、互いの所望の空間関係で「固定」され、それに基づき犠牲基板が除去される。支持構造266は、誘電体材料、又は誘電体材料で保護膜生成される導電材料とすることができる。シリコンウェハ又は印刷回路基板等の電子コンポーネントに、複数の相互接続要素を装着するステップといった、更なる処理ステップが次に進行する。加えて、幾つかの用途において、相互接続要素264の先端（先端構造に対向した）が移動しないように安定化すること

が望ましく、これは特に、そこに接触力が加えられる場合である。この目的のために、また望ましいのは、誘電体材料から形成されたメッシュといった、複数の穴を有する適切なシート268で、相互接続要素の先端の移動に制約を与えることである。

上記の技法250の特異な利点は、先端構造（258）が、事実上任意の所望の材料から形成されて、事実上任意の所望の模様を有する点にある。上述したように、金は、導電性、低い接触抵抗、半田付け可能性、及び腐蝕耐性という卓越した電気的特性を呈示する貴金属の一例である。金は又可鍛性であるので、本明細書に記載の相互接続要素、特に本明細書に記載の復元性のある相互接続要素のいずれかにわたって施される、最終の保護膜とするのに極めて十分適している。他の貴金属も同様に望ましい特性を呈示する。しかし、かかる卓越した電気的特性を呈示する、ロジウム等の幾つかの材料は、一般に、相互接続要素全体に保護膜生成するのに適切でない。例えば、ロジウムは、著しく脆く、復元性のある相互接続要素上の最終保護膜として十分には機能しない。これに関して、技法250に代表される技法は、この制限を容易に克服する。例えば、多層先端構造（258を参照）の第1の層は、（上記のように金ではなく）ロジウムとすることができ、それにより、結果としての相互接続要素のいかなる機械的挙動にも何の影響を与えることなく、電子コンポーネントに接触させるために、その優れた電気的特性を引き出す。

図 2 1 は、相互接続要素を製造するための代替実施例 2 7 0 を示す。この実施例の場合、マスキング材料 2 7 2 が、犠牲基板 2 7 4

の表面に施されて、図 2 D に関して上記した技法と同様にして、複数（図示では多くのうち 1 つ）の開口 2 7 6 を有するようにパターン化される。開口 2 7 6 は、相互接続要素が、自立構造として製造される領域を規定する。（本明細書に記載の説明を通じて用いる、相互接続要素が「自立」であるのは、その一端が、電子コンポーネントの端子、又は犠牲基板のある領域にボンディングされ、また、その他端が、電子コンポーネント、又は犠牲基板にボンディングされない場合である。）

開口内の領域は、犠牲基板 2 7 4 の表面内に延伸する単一の窪みで 2 7 8 示されるように、1 つ以上の窪みを有するように、任意の適切な仕方でも模様加工される。

コア（ワイヤシステム）2 8 0 が、開口 2 7 6 内の犠牲基板の表面にボンディングされて、任意の適切な形状を有する。この図示の場合、例示の明瞭化のために、1 つの相互接続要素の一端しか示されていない。他端（不図示）は、電子コンポーネントに取り付けられる。ここで容易に見られるのは、コア 2 8 0 が、先端構造 2 5 8 ではなく、犠牲基板 2 7 4 に直接ボンディングされるという点で、技法 2 7 0 が上述した技法 2 5 0 とは異なるということである。例として、金ワイヤコア（2 8 0）が、慣用的なワイヤボンディング技法を用いて、アルミニウム基板（2 7 4）の表面に容易にボンディングされる。

工程（2 7 0）の次のステップでは、金の層 2 8 2 が、コア 2 8 0 にわたって、また、窪み 2 7 8 内を含む、開口 2 7 6 内の基板 2

7 4 の露出領域上に施される（例えば、メッキにより）。この層 2 8 2 の主な目的は、結果としての相互接続要素の端部に、接触表面を形成することである（すなわち、犠牲基板が除去されると）。

次に、ニッケル等の比較的硬質な材料の層 2 8 4 が、層 2 8 2 にわたって施される。上述したように、この層 2 8 4 の 1 つの主な目的は、結果としての複合相

互接続要素に所望の機械的特性（例えば、復元性）を付与することである。この実施例において、層 284 の他の主な目的は、結果としての相互接続要素の低い方の（図示のように）端部に製造される接触表面の耐久性を強化することである。金の最終層（不図示）が、層 284 にわたって施されることになるが、これは、結果としての相互接続要素の電気的特性を強化するためである。

最終ステップにおいて、マスキング材料 272、及び犠牲基板 274 が除去され、結果として、複数の特異な相互接続要素（図 2G に匹敵）か、又は互いに所定の空間関係を有する複数の相互接続要素（図 2H に匹敵）のいずれかとなる。

この実施例 270 は、相互接続要素の端部に模様加工の接触先端を製造するための代表的な技法である。この場合、「ニッケルの金上重ね」接触先端の卓越した一例を説明した。しかし、本明細書に記載の技法に従って、他の類似の接触先端が、相互接続要素の端部に製造可能であることも本発明の範囲内である。この実施例 270 の別の特徴は、接触先端が、以前の実施例 250 で意図したような犠牲基板（254）の表面内ではなく、犠牲基板（274）の頂部

全体に構成される点にある。

コンポーネントの移動によるコア要素の成形

図 3 は、親事例の図 2 に概ね対応し、自由端が基板（電子コンポーネントとすることができる）にボンディングされ、弾力のある形状を有するように構成された、ワイヤの斜視図である。

この例において、上記の技法のいずれかに従って、ワイヤ 302（122、132、142、152 に匹敵）の自由端 302a が、基板 308 の表面 308a 上の規定の接触領域 310（電子コンポーネントの端子とすることができる）内に、既にボンディングされている。毛細管 304 の初期位置は、破線で示されている。毛細管 304 の最終位置は、実線で示されている。基板 308 の表面 308a は、 $x-y$ 平面内にある（しかし、基板の表面全体が、平面である必要はない）。図 3 に実線で示される毛細管 304 の最終位置は、正の z 方向において基板の表面から変位している。ワイヤ 302 は、供給スプール 306 から毛細管 304 を介して送られ、以下のようにして構成される（ある形状を有するように）

ワイヤ302の自由（近位）端302aは、初期（破線）位置における毛細管304を用いて、「a」で表記された箇所、基板308の表面308aにボンディングされる。毛細管304は、次に、図3に「b」、「c」及び「d」で「総称的に」表記される箇所の軌跡に沿って移動して、2次元又は3次元でワイヤを成形する。

説明の明瞭化の目的のために、毛細管の移動を、基板と毛細管の間の相対運動を表すものとして説明する。多くの場合、x及びy方

向での移動は、基板を移動すること（例えば、基板が実装されるx-yテーブル）により達成され、z方向での移動は、毛細管を移動することにより達成される。一般に、毛細管は通常、z方向に配向される。しかし、自由度の多い毛細管を使用して、ワイヤシステムの形状を構成できることは、本発明の範囲内である。

一般に、毛細管304の移動は、マイクロプロセッサに基づくコントローラ（CONTROL）322の制御下で、位置決め機構（POSN）320によりもたらされ、任意の適切な連結装置324により、毛細管304に連結される。

毛細管がその最終（実線）位置に達すると、ワイヤ302が切断される。これは、図3において、毛細管304に隣接して位置決めされるEFO（電子的火炎射出）電極332で示され、電極332は、コントローラ322の制御下で動作する電子的火炎射出（EFO）回路334から、電気的エネルギーを受け取る。

親事例だけでなく、上述の米国特許出願第08/573,945号に記載されるように、ワイヤを切断するという動作（例えば、電子的火炎射出により）は、適切な（例えば、紫外）光源（不図示）から切断部（図3で「d」の位置）に向けて紫外光を与えることにより強化可能である。

周知のことであるが、EFO電極332は、制御機構322の指令の下で、アクチュエータ及び連結装置（不図示）の手段により、毛細管304に向かつて、また毛細管304から離れて移動可能である。

成形工具を用いたコア要素の成形

一般に、複合相互接続要素を製造するには、弾力のある形状を有するように容易に成形されるコア材料で開始する必要がある。コア要素が、成形可能である材料からなることが好ましいゆえに、かかる「手始めの」復元性のある構造に保護膜を施して、使用可能な復元性のある接触構造（複合相互接続要素）に到達することが一般に必要な。コア要素は、結果としての複合相互接続要素に対する「先行体」である。

親事例には、とりわけ、ワイヤボンディングにおける幾つかの改良点が開示されており、例えば、ワイヤボンディング装置の毛細管から外にワイヤを繰り出す間、紫外線エネルギーを与え、及び／又は毛細管を通してガスを流して、ワイヤが毛細管から繰り出される際に、ワイヤの引っかかりを克服するものである。これらの問題の克服は、本発明によって実質的に回避される。更に、引っかかりの現象は、本発明の技法によって有利に使用される。

一般に、上記で説明したように、ワイヤの自立（近位）端が、端子にボンディングされてしまうと、毛細管は、端子が載っているコンポーネントの表面から概ね上方に（ z 軸方向に）移動して、通常 $x-y$ テーブル（不図示）に実装されるコンポーネントが、 x 方向及び y 方向に移動する。これによって、毛細管と、ワイヤシステム（コア要素）の成形に適切に用いられるコンポーネントとの間の相対運動が与えられる。毛細管が移動するにつれて、ワイヤが毛細管の端部から「繰り出され」、毛細管と基板の間の相対運動が制御さ

れて、ワイヤに所望の形状を付与する。

ワイヤが毛細管から繰り出される際のワイヤの引っかかりは、かかる技法を用いる場合に遭遇する問題の 1 つにすぎない。他の問題には、毛細管の抵抗、速度、均一性、その他が含まれる。

本発明によれば、これらの難点は、外部（毛細管の相対運動以外の）手段を用いて、ワイヤを成形することによって克服可能である。

外部工具を用いてワイヤを成形するという概念は、上述の本出願人による米国特許出願に見出すことができる。例えば、米国特許出願第 08/452,255 号には、第 260 頁に、「ワイヤシステムの成形が、毛細管の [相対的] 移動以外の外部手段

により増強、又は完全実施されることは、本発明の範囲内である。」という開示がある。

図4Aは、ボンディングワイヤ402（302に匹敵）等の伸長要素を成形する技法400を示し、ボンディングワイヤ402は、その一端402a（302aに匹敵）において、ワイヤボンディング装置の毛細管によって、電子コンポーネント408（308に匹敵）の表面408a（308aに匹敵）上の端子といった、基板のある領域に、又は犠牲基板を含む任意の基板上で、先端構造が以前に形成された位置を含む位置に、既にボンディングされている。ワイヤ402は、ワイヤボンディング装置（不図示）の供給スプール406（306に匹敵）により供給される。

図4Aにおいて、毛細管404は、基板の表面から離れて真っ直ぐ上に（z軸に沿って）持ち上げ（引き上げ）られているため、ワイヤ402の一部が、コンポーネント408と毛細管404の先端

（図で見て、下端）との間の実質的に直線で、コンポーネント408の表面408aに概ね垂直に延伸するように示されている。

手始めの複合相互接続要素を形成するという目的のために、毛細管とコンポーネント間のワイヤ（伸長要素）のこの部分が、上記のように後続の保護膜生成のために、ばね要素を有するように成形することが望ましい。この目的を達成するために、成形工具412が設けられ、これが、EFO電極432（332に匹敵）を毛細管内へと、及び毛細管から離れて移動させる同一の連結装置（機構、不図示）に簡便に取り付けられる。EFO電極432を成形工具412上に配設し、その結果それらが一斉に移動するか、又はそうでなくすることもできる。

成形工具412は、前端（図で左に向かった）が鈍くなっている伸長要素の形態をとる。この場合、鈍い前端は半円形である。成形工具412は、コア要素402の厚さ（丸いワイヤの場合には、直径）と少なくとも同じ大きさである厚さ（図で見て、頁の中へ）を有する。好適には、成形工具の厚さは、コア要素の厚さの少なくとも2倍の大きい。

ワイヤの端部がコンポーネントにボンディングされて、毛細管が引き上げられ

た後、成形工具412が、コンポーネントの表面と概ね平行な方向に（換言すると、ワイヤの縦軸に対して概ね横方向に）、コンポーネントと毛細管の間のほぼ中間点において、ワイヤを押圧する。これによって、結果として図4Bに示すように、ワイヤが変形（成形）されることになる。この例の場合、ワイヤは、図1Eに

示す形状に匹敵する形状を有するように成形されるが、このようにして、任意の形状をワイヤに付与することもできる。例えば、2つの成形工具を、ワイヤに沿った異なる縦方向位置において、ワイヤの対向した両側からワイヤに向かわせて、ワイヤにS字形状を付与することも可能である。

ひっきり、これは、ワイヤシステムを成形するために、毛細管と基板との相対移動を用いる場合に問題であると上記で述べたが、本発明の技法にとっては有利となる。成形工具が、毛細管と基板の間のワイヤの伸びきった部分を押圧する場合、ひっきりは、毛細管から更に繰り出されるワイヤに抑止力を及ぼし、それによって、ワイヤに所望の形状をもたせることが可能になる。

このようにして、ワイヤを成形した後（ワイヤ成形の終了時点で）、EFO電極432が付勢されて、EFO電極432とワイヤ402の間のスパーク414で示すように、ワイヤが毛細管から切断される。これにより、結果として図4Cに示すように、自立型のワイヤシステムとなり、これは、その自由（図で見て、上部）端に形成されるボールを有するのが好ましい。

好適には、ボールは又、後に続いて電子コンポーネントへのワイヤボンディングに対する準備として、毛細管から外に延伸する供給ワイヤの端部に形成される。次に、成形工具412（及び、これに取り付けられていれば、EFOも）は、図4Cに示すように引き上げられる。

従って、x方向及びy方向にコンポーネントを移動させる（毛細

管に相対して）ことによるのではなく、外部手段（すなわち、成形工具）の使用により、ボンディングワイヤを成形して、複合相互接続要素のコア要素として切断するための技法が提供される。これは、上記で言及した理由により有利であり

(例えば、ひっかかりの克服、等)、隣接したワイヤシステム間の公差に依存して、複合相互接続要素用のワイヤシステムのある種の(例えば、微細ピッチ)アレイを形成するために必要である。

好適には、成形工具(412)は、基板408の平面内で(すなわち、x軸又はy軸で)移動するが、成形工具の運動の下方(基板の表面に向かった)成分が存在しても許容できる。好適には、成形工具は、それが伸長要素(402)を成形している際には、上方に(基板から離れて、毛細管に向かって)移動しない。というのは、これは、前に形成されたボンディングを引っ張り付けようとするためである。

成形工具(412)が、繰り出されたワイヤの成形以外の機能を実施することは、本発明の範囲内である。例えば、成形工具は、平面支持構造内の穴のボアといった、別の隣接した構造に対して、ワイヤシステムの間接点をボンディングするために、容易に利用可能である。そのような場合、切断後に、成形済みコア要素の3つの端部が、平面支持構造の2つの対向した表面から延伸するであろうし、成形済みコア要素は、それと互いに固定の空間関係で保持されるであろう。

成形工具の他の実施例

図5A-5Cは、電子コンポーネントの端子といった、基板508(408に匹敵)のある領域510(410に匹敵)と、ワイヤボンディング装置(図3を参照)の毛細管504(404に匹敵)との間で延伸する、伸長要素502の一部を成形するための技法の他の実施例500を示す。伸長要素502は、供給スプール506(406に匹敵)により適切に供給される。

この実施例の場合、図5Aに示すように、成形工具512(412に匹敵)は、ソレノイド等のアクチュエータ(「ACT」)により、x-y平面内で移動させられるロッド(円筒要素)である。ロッドとアクチュエータ間の破線522は、レバー等の任意の適切な連結要素を意味する。好適には、アクチュエータ520は、モータ/エンコーダの組合せ又はサーボシステムといった、その運動及び位置が、運動の全体範囲にわたって制御可能である型式をとる。このようにして、成形工具により伸長要素に加えられる力、及び成形工具の移動が、注意深く制

御及び分布測定される。しかし、単純なソレノイドをアクチュエータとして使用可能であり、ソレノイドの「動程」（ソレノイドが移動する距離）が、連結装置（又は、成形工具自体）に関連した適切な機械的ストップにより制限されることは、本発明の範囲内である。

成形工具512は、伸長要素502の材料よりも硬い材料、例えば、タングステン、水晶、その他から好適に形成される。成形工具をエキシマレーザ等で加熱して、伸長要素を成形する際の手助けをすることは、本発明の範囲内である。伸長要素に施される切断ス

ークを制御するために、電位（接地を含む）を成形工具に印加可能なことは、本発明の範囲内である。

ロッド（512）にノッチ又は溝が付けられて（すなわち、円周方向に）、ワイヤ（502）が成形されている間、ワイヤが滑らない（例えば、ロッドに沿って前後に）ことを保証することは、本発明の範囲内である。

図5Bは、成形工具512が伸長要素502を押圧し、それにより、伸長要素がばね形状を備えさせられる様子を示す。図5Cは、成形工具が、伸長要素502から既に引き上げられ、伸長要素が、毛細管504に隣接して既に切断されている様子を示す。

図5B及び5Cにおいて、伸長要素502は、図1Eに示す形状（C字形状）と類似の形状を既に備えさせられたように示されている。成形工具512の直径は、成形済みの伸長要素の最終高さよりも僅かに小さいほうが好ましい。例えば、30〜40ミルの高さを有する成形済みの伸長要素は、20〜25ミルの直径を有する円筒状の成形工具により、適切に成形可能である。これは、伸長要素に付与可能である多数の可能性のあるばね形状のうちの1つにすぎない。

好適には、実施例500の場合、伸長要素502は、毛細管504に対して固定される（前に説明した実施例400の場合のように、成形工具に実装されるのではなく）電子的、火炎射出（EFO）電極532（332に匹敵）からのスパークによって切断される。図5Bに示すように、成形工具512が、伸長要素502と機械的及び

電氣的な接触（係合）状態にある間に、伸長要素がスパーク 524（414に匹敵）で切断されることは、本発明の範囲内である。成形工具 512 を接地、又は所定の電位にして、スパークを制御する、及び／又はスパークが、精巧な電子コンポーネント（508）に損傷を与えるのを防止することも可能である。これは又、前に説明した実施例 400 にも適用可能である。

成形工具（412、512）を用いて、伸長要素（例えば、ボンディングワイヤ）にばね形状を付与するという、前に説明した実施例（400、500）において、ボンディングワイヤが先ず基板に接着されて、毛細管（404、504）が、z 軸で引き上げれて、成形を所望する、ボンディングワイヤの部分が送り出される。

成形工具が、複数の自由度を有することが可能であり、また成形工具は、伸長要素が成形工具の周りに巻き付くようにして移動して、複雑な形状を伸長要素の成形部に付与できることも、本発明の範囲内である。

ワイヤシステムが、スパークによってではなく、機械的な手段によって切断されることは、本発明の範囲内である。

複合成形工具

本発明の前記実施例（400、500）の場合、成形工具（412、512）は、伸長要素（402、502）がその所望の形状を保持するのに、伸長要素の可塑的変形に唯一頼って、かなり制御された仕方、伸長要素を変形させる。明らかであるが、所望の形状を達成するには、伸長要素の材質に依存して、限定量の過剰移動が

必要となる。

図 6 は、2 部品の成形工具を用いて、伸長要素にばね形状を付与する実施例 600 を示す。この実施例が特に役立つのは、比較的高い降伏強度を有する材料（例えば、ばね材料）から製作される伸長要素、例えば、モノリシックばね要素として機能することが可能である伸長要素を成形する場合である。前の実施例（400、500）の場合のように、一端において基板 608（408、508 に匹敵）に接着され（しかし、必要ではない）て、毛細管 604（404、504 に

匹敵) から送られる伸長要素602(402、502に匹敵)に、ばね形状を付与することが望ましい。

2部品の成形工具620のうちの一方の部品622がアンビルであり、2部品の成形工具620のうちの他方の部品624がダイ(機械的な意味で)である。アンビル622及びダイ624は、伸長要素の対向した側に位置決めされて、図の矢印で示すように、2部品を引き合わせる(互いに向かって)ために、適切な機構(不図示)に動作上連結される。

アンビル622及びダイ624の内面622a及び624aには、それぞれ、一致嵌合の凸及び凹特徴部626及び628が設けられる。使用時に、アンビル及びダイが引き合わせられると、伸長要素602に、これら特徴部の形状が付与される。

前の実施例(400、500)の場合のように、アンビルとダイのうちの1つ、又はそれら両方が伸長要素と接触状態にある間、伸長要素は、スパークによって切断可能である。

図6Aは、前記のアンビル622及びダイ624にそれぞれ匹敵する、アンビル672及びダイ674からなる、2部品、すなわち「複合」成形工具の実施例650を示す。

この実施例650の場合、基板に実装されず(その一端において)、また任意の適切な手段(すなわち、ワイヤボンディング装置の毛細管以外の)により供給される、伸長要素652(602に匹敵)の端部を成形、及びその端部に少なくとも切り込み(刻み目)を付けることを意図したものである。ダイ/アンビルで伸長要素を完全に切断することも可能である。刻み目に生じる、EFO電極からの静電放電を制御することも可能である。

刻み目機能の一部又は全てを実施するように、特徴を毛細管内に取り込むことは、本発明の範囲内である。くさび形ボンディング工具を用いることも可能である。刻み付け工具を用いて毛細管に穴を(ボアに対して横方向に)貫通させることも可能である。

前の実施例(600)の場合のように、アンビル672には凸特徴部676(

6 2 6に匹敵)が、ダイには凹特徴部6 7 8 (6 2 8に匹敵)が、それらの対向した面に設けられるため、所望の形状を、ダイとアンビル間に配設された伸長要素の部分に付与することができる。

上記に加えて、アンビル6 7 2とダイ6 7 4のうちの少なくとも1つには、突出するくさび形状の特徴が設けられ、これは、伸長要素に少なくとも刻み目を付ける(完全に切断することを含む)ように、寸法決め及び成形される。好適には、アンビル6 7 2とダイ6

7 4の両方に、図示のように、それぞれかかる特徴6 8 2と6 8 4が設けられる。このようにして、アンビルとダイが、互いに向かって移動し、それらの間に伸長要素が配設されると、伸長要素には成形と刻み目付けの両方が施される(任意として、完全に切断される)。完全に切断される場合、このようにして、複数の成形済み伸長要素が形成可能である。刻み目付けのみの場合、端部同士が接続された一連の成形済み伸長要素が、このようにして形成可能である。

図6 Bは、一連の伸長要素6 5 2 a、6 5 2 b及び6 5 2 cを示し、これらは端部同士が接続されて、刻み目6 8 6 a (要素6 5 2 aと6 5 2 bの間の)と6 8 6 b (要素6 5 2 bと6 5 2 cの間の)によって、互いから分離可能である(例えば、1つの要素を残りの要素に対して曲げることにより)。伸長要素6 5 2 a、6 5 2 b及び6 5 2 cは、図6の(又は図6 Aの)成形工具を用いて成形される。それらは、図示の明瞭化のために、かかる形状なしに示されるが、以下の図7を参照されたい。

刻み目領域6 8 6 a及び6 8 6 bの断面は低減されている。スパーク(静電放電)切断技法(E F O電極からといった)を用いる場合、スパーク切断は、低減された断面の刻み目領域において選好的に発生することになる。

伸長要素に単に刻み目を付けるためには(すなわち、伸長要素を完全に切断するのではなく)、総合した高さ(頁を横切った)を、伸長要素の厚さ(又はワイヤの場合には、直径)よりも少なくすべきである。

図7は、端部同士が接続される、一連の成形済み伸長要素(6 5 2 a、6 5 2

b、652c)を形成する上述の技法と類似した技法700を示し、各伸長要素が形成される際に、それは、比較的軟質の基板内に挿入される。この例の場合、同じアンビル672とダイ674が、前の実施例600の場合のように使用可能である。

図7は、伸長要素702(652に匹敵)が、アンビル672とダイ674を介して(の間で)送られる(図で見て、下方に)様子を示す。第1の成形済み伸長要素702aが、アンビル672とダイ674によって、既に成形及び刻み目付けの行われたように示されている。次に連続した伸長要素702bが、アンビル672とダイ674の間に締め付けられて示されている。第1の成形済み伸長要素702aの端部(図で見て、下部)が、次に、突き刺し等によって、選択された位置において、比較的(伸長要素に相対して)軟質の基板708(比較的軟質の領域が設けられる比較的硬質の基板を含む)上の選択された領域内へと、又はその領域を介して挿入される。次に、基板708と、締め付けられた次の伸長要素702bとの間に相対運動を付与することにより、第1の伸長要素702aが伸長要素702から分離(単一化)可能となる。成形、突き刺し、移動(単一化)というこの工程は、基板708上の多くの場所で繰り返すことができるが、この目的は、複数の成形済み要素(702a、702b等)を、アレイ状といった任意の所望パターンで、比較的軟質の基板708上の同様に複数の場所に設けるためである。このようにして、複数の成形済み接触要素が、将来の用途(例えば、

介在体として)又は処理のために(例えば、成形済み要素に保護膜を施すために)、互いに規定の空間関係で形成及び維持可能となる。

例えば、伸長要素702は、硬質銅又はインバールワイヤとすることができ、基板は、複数のリソグラフィ法で規定された金/スズ(80/20)の領域を備えた、セラミック材料とすることができ、成形済み要素の先端は、基板の金/スズ領域内に挿入する前に溶剤で溶かし、基板の金/スズ領域、その他内に挿入した後に、リフロー半田付け可能であり、またアレイ全体を金その他でメッキ(保護膜生成)することも可能である。堅固な裏当てプレート710が、軟質基板7

08の背後に設けられる。

代替として、成形済み伸長要素を、犠牲基板を含めた基板のメッキ済みスルーホール内に挿入することも可能である。

図面及び以上の説明において、本発明を詳細に例示及び説明してきたが、本発明は、文言における限定としてではなく、例示として見なされるべきである。すなわち、ここで理解されたいのは、好適な実施例のみを図示及び説明したということ、及び本発明の趣旨内に入る全ての変形及び修正も、望ましく保護されるということである。疑うべくもなく、上記の「主題」に関する多数の他の「変形例」も、本発明の最も近くに属する、当該技術で通常の知識を有する者が想到するであろうし、また本明細書に開示されるような変形例は、本発明の範囲内にあることを意図するものである。これら変形例の幾つかは、親事例に記載されている。

例えば、くさびボンディングと関連するといった、ボールボンデ

ィング以外の技法と関連して、別個の成形工具を用いることができる。

例えば、本発明の複合相互接続要素を、様々な介在体、シリコン上のばね接触子、制御されたインピーダンスを有するばね接触子、等に対するばね接触子として用いることも可能である。

例えば、毛細管と成形工具の移動を、それらが、任意の所望の予定に従って、互いに協働するように制御することは明らかに可能である。例えば、図5A-5Cに示す技法において、毛細管は、繰り出されたワイヤに対して、成形工具を押圧する僅かに直前で、下方へと移動可能であり、成形動作時に更に移動して、信頼性の良いまね形状の形成が保証できる。

例えば、成形のためにダイ／アンピルの組合せの利用（例えば、図6及び7を参照）が、基板に一端により実装される、複数の自立型のばね成形済み要素を形成する場合の利用には困難となることは明白である。毛細管の移動が、ある長さのワイヤ（リボン状ワイヤを含む）を繰り出し、（必要であれば）ワイヤの自由端を恐らく一時的に固定してこの繰り出し動作を達成し、毛細管を経路から外れて移動し（例えば、毛細管を持ち上げ）、ワイヤの繰り出された部分をダイ／ア

ンビルで成形して、毛細管を下げるといったようにしてなされることは、本発明の範囲内である。これは又、成形工具と毛細管の協働した運動の代表例であり、本発明により容易に達成される。

Figure 1A

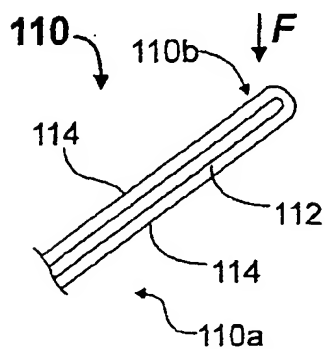


Figure 1B

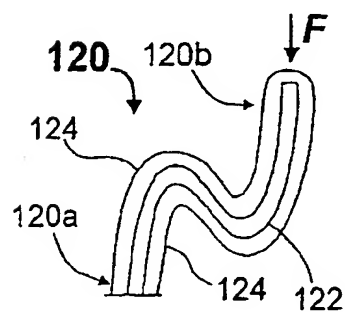


Figure 1C

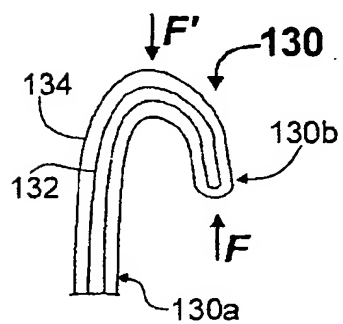


Figure 1D

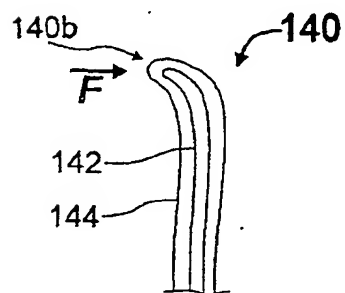


Figure 1E

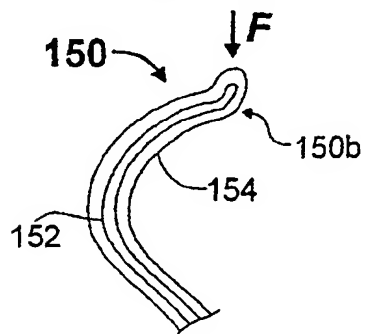


Figure 2A

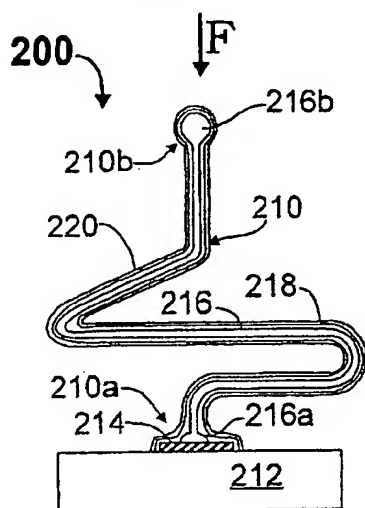
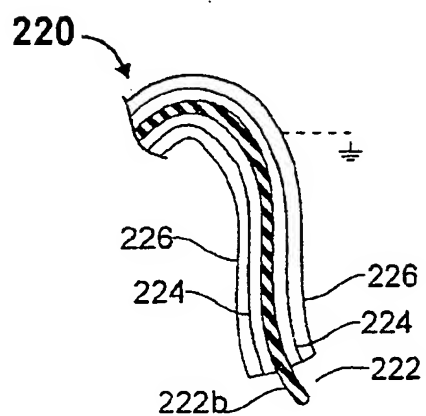
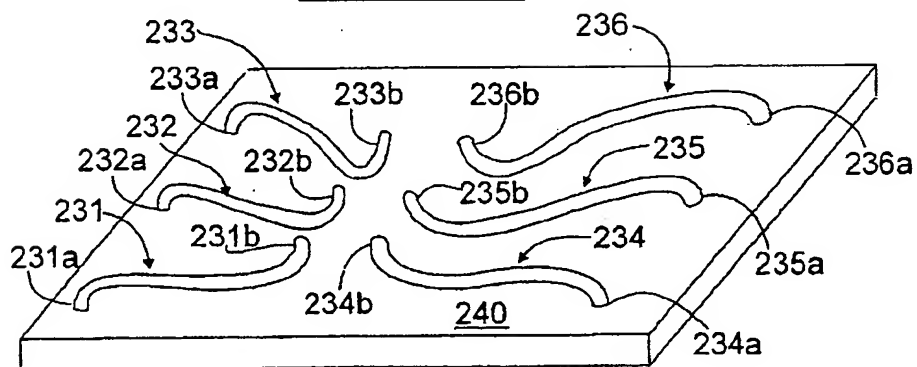


Figure 2B



230

Figure 2C



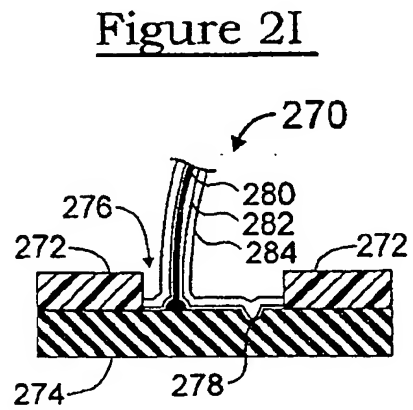
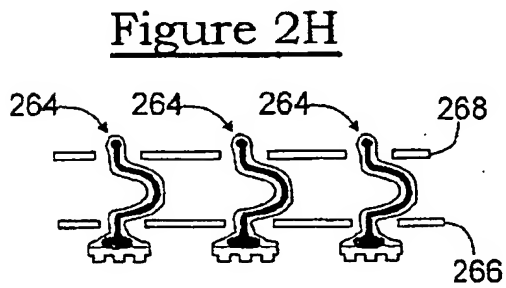
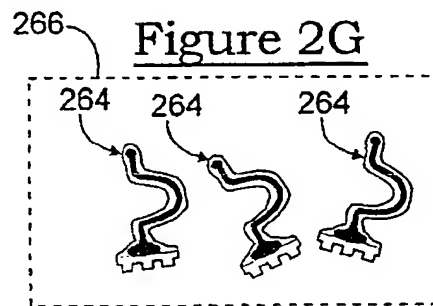
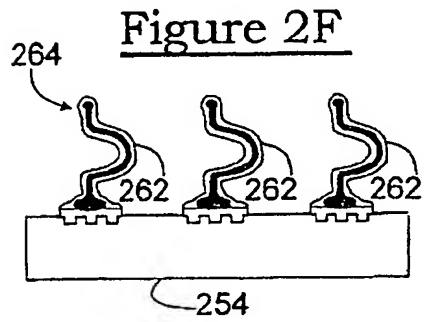
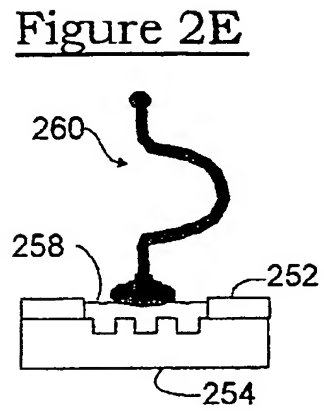
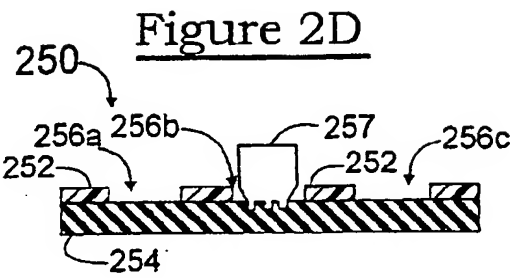
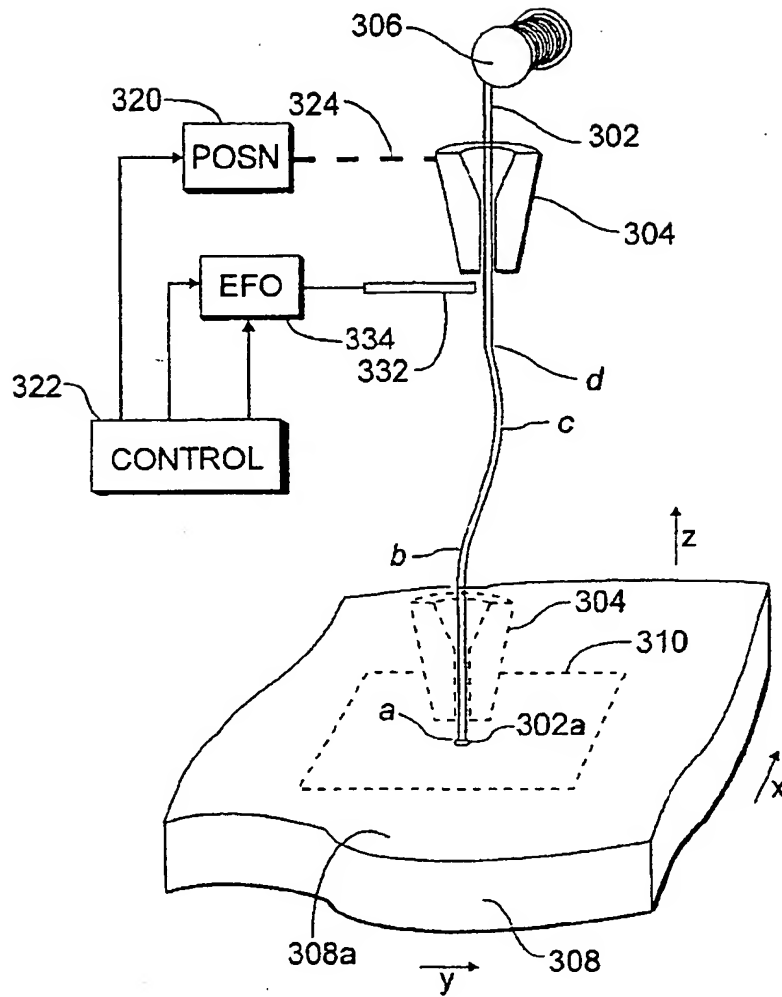
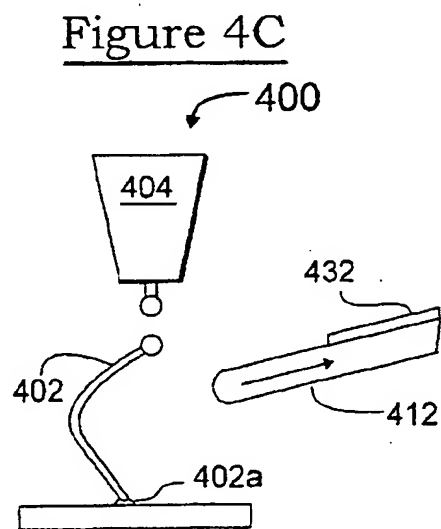
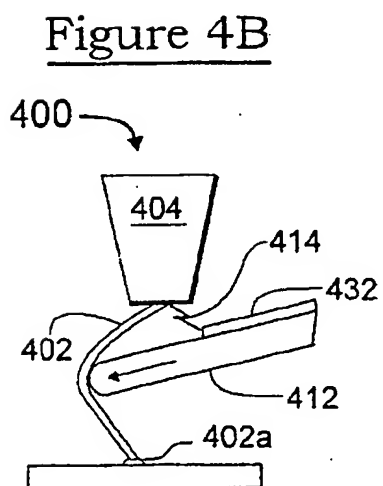
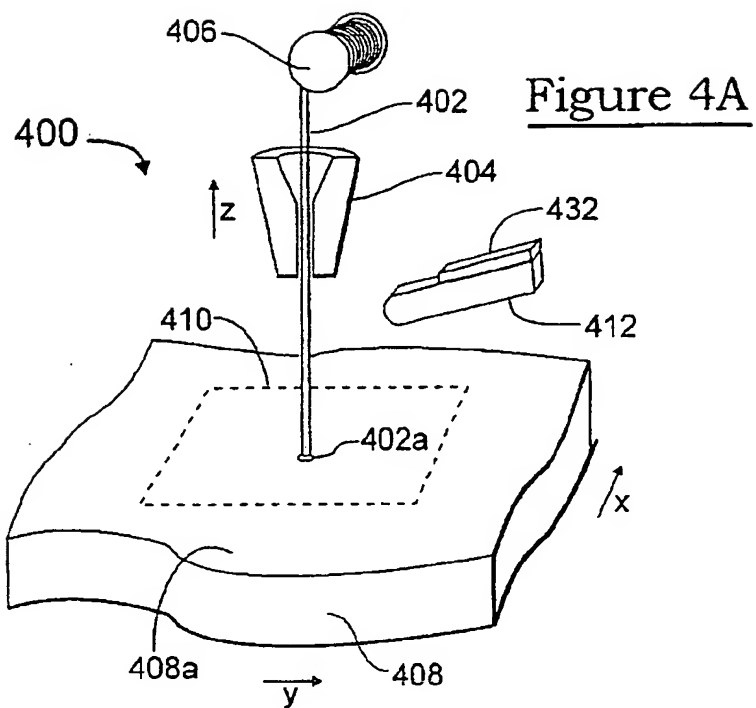


Figure 3





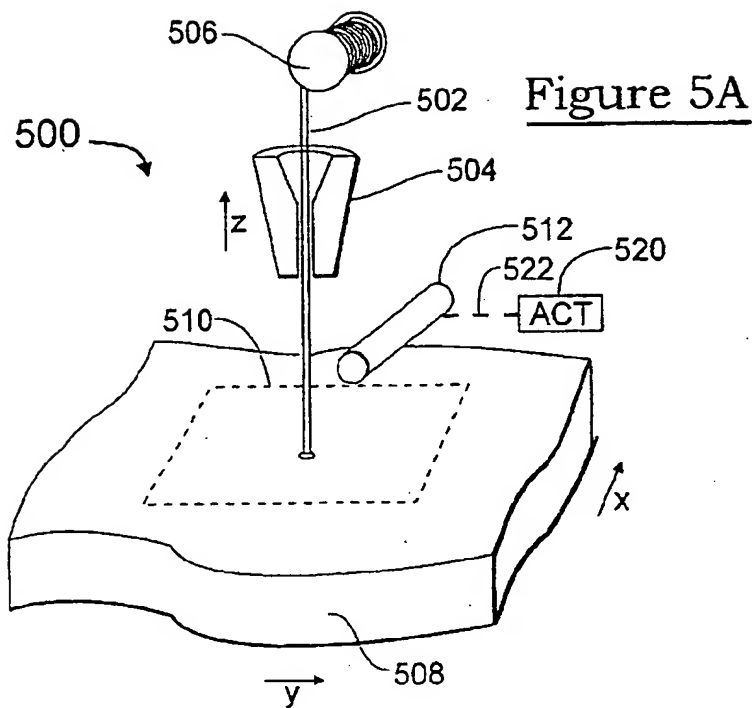


Figure 5B

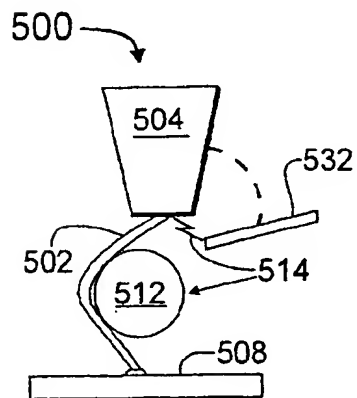
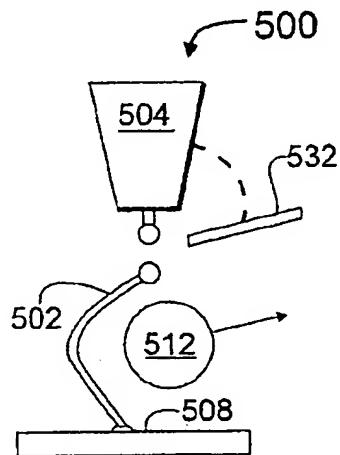
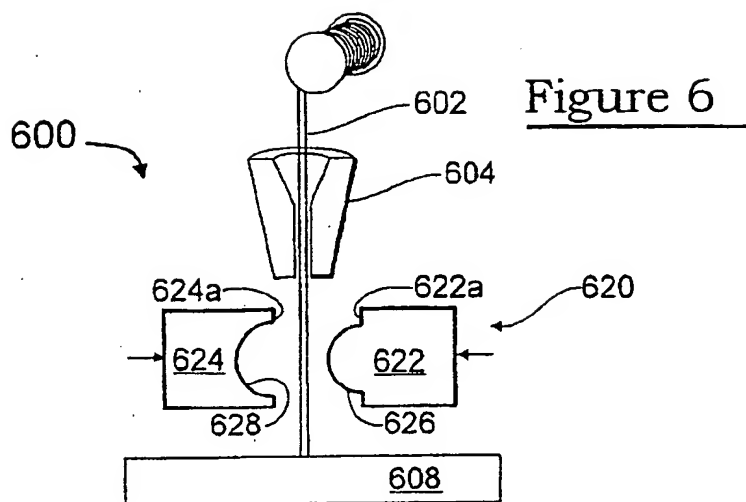


Figure 5C



【図6】



【図6】

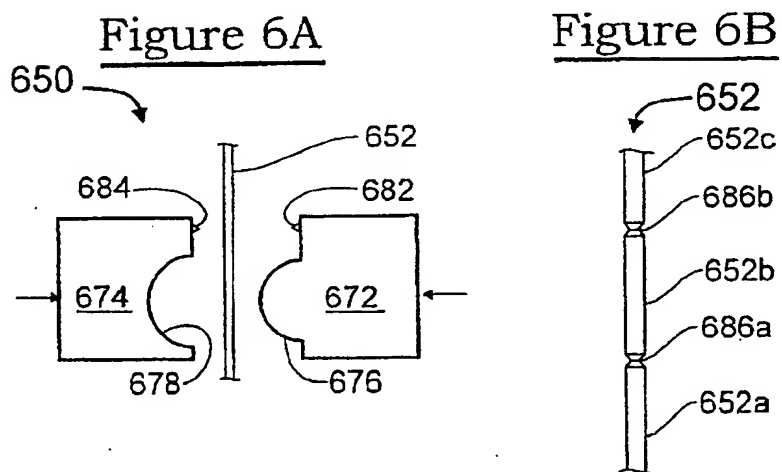
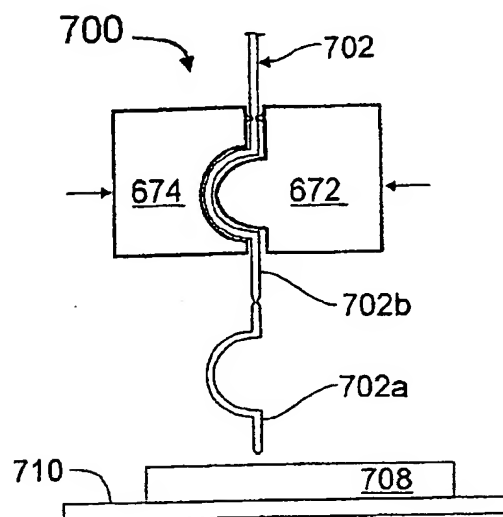


Figure 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US96/08276

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(6) : B23K 31/02 US CL : 228/4.5, 173.5, 180.5; 29/842, 885 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 228/4.5, 160, 173.5, 180.5; 29/842, 843, 885; 439/66 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched NONE Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) NONE		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X ----- Y ----- A	US, A, 5,294,039 (PAI ET AL.) 15 MARCH 1994, SEE FIGURES 4A-7; COLUMN 5, LINES 10-17	21,23,28, 29 ----- 1-3,5,9,11, 22,25,26, 31,32 ----- 46-49
X, P ----- A	US, A, 5,476,211 (KHANDROS) 19 DECEMBER 1995, SEE FIGURES 1A-7B, 14, 15; COLUMN 8, LINE 4, THROUGH COLUMN 9, LINE 31	15-17, 21-26, 28-39, 50-52 ----- 1-9,12-14
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: * later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance * document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "E" earlier document published on or after the international filing date *Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *A document member of the same patent family "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 28 AUGUST 1996		Date of mailing of the international search report 11 OCT 1996
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized officer PAULA A. BRADLEY Telephone No. (703) 308-1148 <i>Sheila Vanez</i> <i>Patrol Legal Specialist</i> <i>Group 3200</i>

Form PCT/ISA/210 (second sheet)(July 1992)*

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. appl. application No.
PCT/US95/08276

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X ----- Y	US, A, 2,429,222 (EHRHARDT ET AL.) 21 OCTOBER 1947, SEE FIGURES 1-3; COLUMN 1, LINE 20, THROUGH COLUMN 2, LINE 44	34,35,37, 39 ----- 21,22,24, 28,30
A, P	US, A, 5,495,667 (FARNWORTH ET AL.) 05 MARCH 1996, SEE FIGURES 3A-4B, 7A-8; COLUMN 5, LINES 35-55	1-3,5-9,11, 13-17,50
A	US, A, 4,674,671 (FISTER ET AL.) 23 JUNE 1987	1-3,5-9, 13,14

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet)(July 1992)*

フロントページの続き

- (31)優先権主張番号 08/533, 584
(32)優先日 平成7年10月18日(1995. 10. 18)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 08/554, 902
(32)優先日 平成7年11月9日(1995. 11. 9)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 PCT/US95/14909
(32)優先日 平成7年11月13日(1995. 11. 13)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 08/558, 332
(32)優先日 平成7年11月15日(1995. 11. 15)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 60/013, 247
(32)優先日 平成8年3月11日(1996. 3. 11)
(33)優先権主張国 米国(US)
(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(KE, LS, MW, SD, SZ, UG), AM, AT, AU, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LT, LU, LV, MD, MG, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TT, UA, UG, US, UZ, VN
(72)発明者 グループ, ゲーリー, ダヴリュウ
アメリカ合衆国カリフォルニア州94588
プレザントン, シングルトリ・コート・
6807
(72)発明者 ゲータン, エル, マシュウ
アメリカ合衆国カリフォルニア州94568
ダブリン, フォール・クリーク・7980, ア
パートメント・203